

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-311948

(43)Date of publication of application : 09.11.2001

(51)Int.Cl.

G02F 1/13363  
G02F 1/1337

(21)Application number : 2000-128444

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 27.04.2000

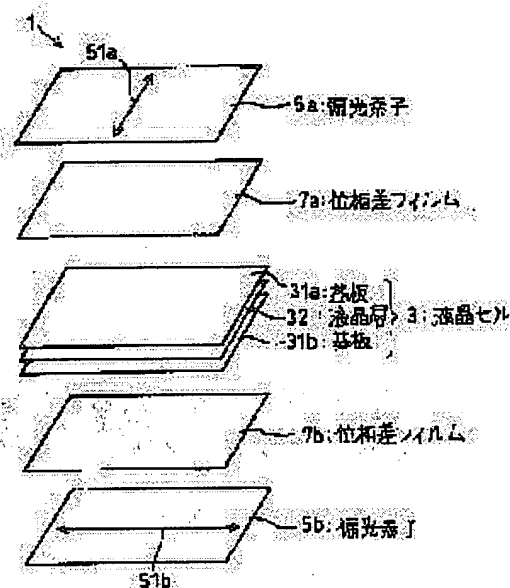
(72)Inventor : MIYAJI KOICHI  
YAMAHARA MOTOHIRO

## (54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE AND METHOD AND DEVICE FOR SELECTING RETARDATION

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a liquid crystal display device of a perpendicular alignment mode in which the retardation between an optical retardation film and a liquid crystal layer is controlled to the optimum value, and to provide a method and an operational device to derive the optimal retardation range by a small number of process.

**SOLUTION:** When the retardation of the liquid crystal cell 3 and the retardation of the optical retardation films 7a, 7b are to be determined into a proper combination in the liquid crystal display device 1, one combination is first selected, and the voltage-transmittance curve Ta in the direction (A) which is the largest angle in the desired viewing angle range and makes 45° angle with the absorption axes 51a, 51b of the polarizing elements 5a, 5b in the plane direction is derived. Further, a peak voltage in the curve Ta is defined as a white voltage Vw. Then the display quality such as contrast in the direction (A) is evaluated based on the white voltage Vw to derive the optimum combination.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.07.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] The liquid crystal layer containing the liquid crystal which a perpendicular orientation film is applied to a substrate front face, and has a negative dielectric constant anisotropy, In the liquid crystal display which carries out a black display to the state where have the polarizing element allotted to the both sides of a liquid crystal layer, and the phase contrast film arranged among both polarizing elements, and the liquid crystal molecule is carrying out orientation perpendicularly to the substrate in general The sum total  $R_{th}$  of the retardation of the thickness direction of the above-mentioned phase contrast film, The retardation  $R_{lc}$  of the above-mentioned liquid crystal layer is  $R_{th} \leq R_{lc} + 150nm$  and  $R_{th} \geq R_{lc} - 262.5nm$  and  $R_{lc} \geq 75nm$  and  $R_{th} \geq$  Liquid crystal display characterized by filling 155nm.

[Claim 2] The sum total  $R_{th}$  of the retardation of the thickness direction of the above-mentioned phase contrast film and the retardation  $R_{lc}$  of the above-mentioned liquid crystal layer are  $R_{th} \leq 1.5$ ,  $R_{lc} + 80nm$  and  $R_{lc} \geq$  Liquid crystal display according to claim 1 characterized by filling 155nm.

[Claim 3] The liquid crystal layer containing the liquid crystal which a perpendicular orientation film is applied to a substrate front face, and has a negative dielectric constant anisotropy, In the liquid crystal display which carries out a black display to the state where have the polarizing element allotted to the both sides of a liquid crystal layer, and the phase contrast film arranged among both polarizing elements, and the liquid crystal molecule is carrying out orientation perpendicularly to the substrate in general The sum total  $R_{th}$  of the retardation of the thickness direction of the above-mentioned phase contrast film and the retardation  $R_{lc}$  of the above-mentioned liquid crystal layer are  $R_{th} \leq 1.5$ ,  $R_{lc} + 80nm$  and  $R_{lc} \geq$  Liquid crystal display characterized by filling 155nm.

[Claim 4] The sum total  $R_{th}$  of the retardation of the thickness direction of the above-mentioned phase contrast film is  $R_{th} \leq 250nm$  and  $R_{lc} \geq$  Liquid crystal display according to claim 1, 2, or 3 characterized by filling 30nm.

[Claim 5] The liquid crystal display according to claim 1, 2, 3, or 4 characterized by establishing two or more fields where the response directions of a liquid crystal molecule differ for every pixel in the above-mentioned liquid crystal layer.

[Claim 6] The liquid crystal display according to claim 1, 2, 3, or 4 characterized by setting the response direction of a liquid crystal molecule as an axial symmetry in general for every pixel in the above-mentioned liquid crystal layer.

[Claim 7] The shaft of the above-mentioned axial-symmetry orientation is a liquid crystal display according to claim 6 characterized by preparing more than one for every pixel.

[Claim 8] The retardation selection method of a liquid crystal display of carrying out a black display to the state where a perpendicular orientation film is applied to the substrate front face characterized by providing the following, have the liquid crystal layer containing the liquid crystal which has a negative dielectric constant anisotropy, the polarizing element allotted to the both sides of a liquid crystal layer, and the phase contrast film arranged among both polarizing elements, and the liquid crystal molecule is carrying out orientation perpendicularly to the substrate in general In case the combination of the retardation of the above-mentioned liquid crystal layer and the retardation of a phase contrast film is derived, it is desired display grace. The conditioning process which sets up an angle of visibility to secure the display grace concerned The applied-voltage determination process of drawing the voltage-permeability property of the above-mentioned liquid crystal display in the 1st direction in which it inclines most from [ of the above-mentioned substrate ] a normal among the above-mentioned angles of visibility, and the direction within a field of the above-mentioned substrate makes the absorption shaft of the above-mentioned polarizing element, and the angle of 45 degrees, and determining the maximum point as white voltage The judgment process which judges whether display grace satisfies the display grace of the above-mentioned request based on the determined white voltage

[Claim 9] The display grace set up at the above-mentioned conditioning process is the retardation selection method of the liquid crystal display according to claim 8 characterized by what contrast and the above-mentioned minimum

contrast are compared, and is judged. [ in / the 1st direction of the above / it is the minimum contrast which should be maintained within the above-mentioned angle of visibility, and / in the above-mentioned judgment process ]

[Claim 10] The display grace set up at the above-mentioned conditioning process is the retardation selection method of the liquid crystal display according to claim 8 or 9 characterized by being the permeability at the time of the white voltage impression in the direction of a transverse plane of the above-mentioned substrate.

[Claim 11] Furthermore, it is based on the above-mentioned white voltage and the voltage-permeability property in the direction of a transverse plane of the above-mentioned substrate. The display grace set up at the above-mentioned conditioning process including the middle gradation voltage determination process of determining the applied voltage of middle gradation The retardation selection method of the liquid crystal display according to claim 8, 9, or 10 characterized by being the grade of similarity in each gradation voltage-permeability property in the above-mentioned transverse-plane direction, and each gradation voltage-permeability property in the 1st direction of the above.

[Claim 12] Retardation selecting arrangement of a liquid crystal display which carries out a black display to the state where a perpendicular orientation film is applied to the substrate front face characterized by providing the following, have the liquid crystal layer containing the liquid crystal which has a negative dielectric constant anisotropy, the polarizing element allotted to the both sides of a liquid crystal layer, and the phase contrast film arranged among both polarizing elements, and the liquid crystal molecule is carrying out orientation perpendicularly to the substrate in general In case the combination of the retardation of the above-mentioned liquid crystal layer and the retardation of a phase contrast film is derived, it is desired display grace. A conditioning means to set up an angle of visibility to secure the display grace concerned An applied-voltage determination means to draw the voltage-permeability property of the above-mentioned liquid crystal display in the 1st direction in which it inclines most from [ of the above-mentioned substrate ] a normal among the above-mentioned angles of visibility, and the direction within a field of the above-mentioned substrate makes the absorption shaft of the above-mentioned polarizing element, and the angle of 45 degrees, and to determine the maximum point as white voltage A judgment means to judge whether display grace satisfies the display grace of the above-mentioned request based on the determined white voltage

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates the liquid crystal display with which the retardation of a phase contrast film and a liquid crystal layer was set as the optimal value, and the range concerned about the liquid crystal display in perpendicular orientation mode to the retardation selection method and equipment which can be derived by few time and effort.

[0002]

[Description of the Prior Art] The liquid crystal display which is easy to cut down power consumption and a size compared with CRT has spread widely as a screen of a word processor, a computer, or television. VA which combined the negative-mold liquid crystal material which the contrast of a display is high compared with TN method, and has a negative dielectric constant anisotropy as a quick method of a speed of response here in recent years, and the vertical orientation film (Verticically Aligned) The liquid crystal display of a method attracts attention.

[0003] A liquid crystal molecule inclines at the time of voltage impression, and the liquid crystal display of the VA method concerned becomes a substrate with an abbreviation horizontal, shows big form birefringence and becomes a white display while it is not the rotatory-polarization mode of a liquid crystal molecule, and the liquid crystal molecule which carried out orientation perpendicularly hardly shows form birefringence but becomes a black display in the state of no voltage impressing using birefringence mode as indicated by JP,11-258605,A.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the liquid crystal display of the above-mentioned composition, in order to operate in birefringence mode, expansion of an angle of visibility is difficult and a phase contrast film is prepared in many cases. However, in order to expand an angle of visibility, in spite of setting the retardation of a phase contrast film, and the retardation of a liquid crystal layer as a suitable value, since the derivation method of a suitable combination of retardation is not established, many computational complexity, measurement sizes, etc. will be needed. Consequently, the problem that it is difficult to realize the liquid crystal display set as the suitable value is produced.

[0005] Specifically, when measuring display grace in an experiment, it is necessary to create a liquid crystal display, and takes time and effort. On the other hand, since it is necessary to compute an orientation state by calculating the equilibrium of a liquid crystal molecule even if it is the case where it computes in a simulation, computational complexity will become large. Therefore, in order to derive a suitable combination, supposing it sets up retardation at random and repeats experiment/display grace evaluation in arbitrary directions, it will take very big time and effort.

[0006] Moreover, in a liquid crystal display, although permeability changes with applied voltage, a voltage-permeability curve is not not only alignment, but changes with viewing angles a lot. Therefore, a viewing-angle property changes also with setup of the applied voltage at the time of a white display. Consequently, time and effort required for still more suitable retardation selection will increase.

[0007] this invention is made in view of the above-mentioned trouble, and the purpose has the retardation of a phase contrast film and a liquid crystal layer in offering the retardation selection method and equipment which can be derived by few time and effort in the liquid crystal display in perpendicular orientation mode in the liquid crystal display set as the optimal value, and the range concerned.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The liquid crystal layer containing the liquid crystal which a perpendicular orientation film is applied to a substrate front face, and has a negative dielectric constant anisotropy in order that the liquid crystal display concerning this invention may solve the above-mentioned technical problem, In the liquid crystal display which carries out a black display to the state where have the polarizing element allotted to the both sides of a liquid crystal layer, and the phase contrast film arranged among both polarizing elements, and the liquid crystal

molecule is carrying out orientation perpendicularly to the substrate in general The sum total Rth of the retardation of the thickness direction of the above-mentioned phase contrast film, The retardation Rlc of the above-mentioned liquid crystal layer is  $R_{th} \leq R_{lc} + 150\text{nm}$ ,  $R_{th} \geq 1.25$ ,  $R_{lc} - 262.5\text{nm}$ ,  $R_{lc} \geq 75\text{nm}$  and  $R_{th} \geq$  It is characterized by filling 30nm.

[0009] With the above-mentioned composition, the upper limit and the minimum are set up about the retardation combination of a liquid crystal layer and a phase contrast film, and five or more contrast can be maintained, without carrying out tone reversal in the viewing-angle range at large [ to a direction ] which inclined 60 degrees from [ of a substrate ] the normal, if it is set as the range concerned. Consequently, the good liquid crystal display of the display grace of a slanting viewing angle is certainly realizable.

[0010] For the liquid crystal display of the above-mentioned composition, the sum total Rth of the retardation of the thickness direction of the above-mentioned phase contrast film and the retardation Rlc of the above-mentioned liquid crystal layer are  $R_{th} \leq$  further. 1.5,  $R_{lc} + 80\text{nm}$  and  $R_{lc} \geq$  It is more desirable to fill 155nm.

[0011] According to the composition concerned, the permeability of the direction of a transverse plane of a liquid crystal display can be kept at 0.2 or more times of the permeability of air. Consequently, the display grace of a slanting viewing angle can realize a good liquid crystal display certainly, without spoiling the brightness of the direction of a transverse plane, and contrast.

[0012] Moreover, the liquid crystal layer containing the liquid crystal which a perpendicular orientation film is applied to a substrate front face, and has a negative dielectric constant anisotropy in order that the liquid crystal display concerning this invention may solve the above-mentioned technical problem, In the liquid crystal display which carries out a black display to the state where have the polarizing element allotted to the both sides of a liquid crystal layer, and the phase contrast film arranged among both polarizing elements, and the liquid crystal molecule is carrying out orientation perpendicularly to the substrate in general The sum total Rth of the retardation of the thickness direction of the above-mentioned phase contrast film and the retardation Rlc of the above-mentioned liquid crystal layer are  $R_{th} \leq 1.5$  and  $R_{lc} + 80\text{nm}$  and  $R_{lc} \geq$  It is characterized by filling 155nm.

[0013] Moreover, the permeability of the direction of a transverse plane can be kept at 0.2 or more times of the permeability of air, without carrying out tone reversal of it in the viewing-angle range at large [ to a direction ] which inclined 60 degrees from [ of a substrate ] the normal, if the upper limit and the minimum are set up about the retardation combination of a liquid crystal layer and a phase contrast film and the above-mentioned composition is also set as the range concerned. Consequently, the display grace of a slanting viewing angle can realize a good liquid crystal display certainly, without spoiling the brightness of the direction of a transverse plane, and contrast.

[0014] Furthermore, for the liquid crystal display of each above-mentioned composition, the sum total Rth of the retardation of the thickness direction of the above-mentioned phase contrast film is  $R_{th} \leq 250\text{nm}$  and  $R_{lc} \geq$  It is more desirable to fill 30nm.

[0015] According to the composition concerned, in the viewing-angle range at large [ to a direction ] which inclined 60 degrees from [ of a substrate ] the normal, the voltage-permeability property which was similar to the voltage-permeability property in the direction of a transverse plane in general can be maintained. Consequently, even if it sees the picture displayed on a liquid crystal display from which direction of the above-mentioned viewing-angle range, the ratio of the luminosity between each gradation becomes the in general same value, and can realize a liquid crystal display with the good gradation property of a slanting viewing angle.

[0016] Moreover, in the liquid crystal display of each above-mentioned composition, two or more fields where the response directions of a liquid crystal molecule differ for every pixel may be established in the above-mentioned liquid crystal layer. Furthermore, in the above-mentioned liquid crystal layer, the response direction of a liquid crystal molecule may be set in general as the axial symmetry for every pixel. In addition, two or more shafts of the above-mentioned axial-symmetry orientation may be established for every pixel. According to these composition, since a mutual field carries out optical compensation and it suits by orientation division of a pixel, the display grace of a slanting viewing angle can realize a good liquid crystal display more.

[0017] On the other hand, the retardation selection method of the liquid crystal display concerning this invention The liquid crystal layer containing the liquid crystal which a perpendicular orientation film is applied to a substrate front face, and has a negative dielectric constant anisotropy, It has the polarizing element allotted to the both sides of a liquid crystal layer, and the phase contrast film arranged among both polarizing elements. In order that a liquid crystal molecule may be the retardation selection method of a liquid crystal display of carrying out a black display to the state where orientation is perpendicularly carried out in general to the substrate and may solve the above-mentioned technical problem In case the combination of the retardation of the above-mentioned liquid crystal layer and the retardation of a phase contrast film is derived, desired display grace, The conditioning process which sets up an angle of visibility to secure the display grace concerned, and the inside of the above-mentioned angle of visibility, Incline

most from [ of the above-mentioned substrate ] a normal, and the direction within a field of the above-mentioned substrate draws the voltage-permeability property of the above-mentioned liquid crystal display in the 1st direction which makes the absorption shaft of the above-mentioned polarizing element, and the angle of 45 degrees. It is characterized by including the applied-voltage determination process of determining the maximum point as white voltage, and the judgment process which judges whether display grace satisfies the display grace of the above-mentioned request based on the determined white voltage. In addition, for example, the properties of a liquid crystal display, such as a voltage-permeability property, may be computed by the simulation, and it may experiment and they may be drawn.

[0018] With the above-mentioned composition, based on a desired angle of visibility and the absorption shaft orientation of a polarizing element, display grace determines the 1st worst direction and determines the maximal value of the voltage-permeability curve of the 1st direction concerned as white voltage. Thereby, predetermined voltage can be determined as white voltage, or white voltage can be most highly set up compared with the case where white voltage is determined based on the permeability of other directions etc., in the range which does not carry out tone reversal within the above-mentioned angle of visibility by fewer computational complexity or a fewer measurand. Consequently, tone reversal is not carried out within an angle of visibility, but the combination of retardation with the moreover highest display grace can be derived by comparatively few time and effort.

[0019] Moreover, in the above-mentioned composition, the display grace set up at the above-mentioned conditioning process is the minimum contrast which should be maintained within the above-mentioned angle of visibility, and the above-mentioned judgment process may compare and judge the contrast and the above-mentioned minimum contrast in the 1st direction of the above.

[0020] According to the composition concerned, the contrast of the 1st direction where display grace is the worst can derive the combination with which desired conditions are filled within the above-mentioned angle of visibility. Therefore, the retardation combination which can secure the above-mentioned minimum contrast at least can be derived by comparatively few time and effort throughout [ above-mentioned ] the inside of an angle of visibility.

[0021] Furthermore, in each above-mentioned composition, the display grace set up at the above-mentioned conditioning process may be the permeability at the time of the white voltage impression in the direction of a transverse plane of the above-mentioned substrate. According to the composition concerned, the retardation combination for the brightness and contrast of the direction of a transverse plane realizing a good liquid crystal display can be derived.

[0022] Moreover, the display grace further set up at the above-mentioned conditioning process including the middle gradation voltage determination process of determining the applied voltage of middle gradation, based on the above-mentioned white voltage and the voltage-permeability property in the direction of a transverse plane of the above-mentioned substrate may be the grade of similarity in each gradation voltage-permeability property in the above-mentioned transverse-plane direction, and each gradation voltage-permeability property in the 1st direction of the above in each above-mentioned composition.

[0023] With the above-mentioned composition, after determining middle gradation voltage based on the white voltage decided at the above-mentioned applied-voltage determination process, the grade of similarity of the 1st direction, the direction of a transverse plane, and a gradation voltage-permeability property is judged. Consequently, even if it is the case where the picture displayed on a liquid crystal display is seen from which direction of [ in the above-mentioned angle of visibility ], retardation combination to which the ratio of the luminosity between each gradation is similar can be derived by comparatively few time and effort.

[0024] Moreover, the retardation selecting arrangement of the liquid crystal display concerning this invention The liquid crystal layer containing the liquid crystal which a perpendicular orientation film is applied to a substrate front face, and has a negative dielectric constant anisotropy, It has the polarizing element allotted to the both sides of a liquid crystal layer, and the phase contrast film arranged among both polarizing elements. In order that a liquid crystal molecule may be the retardation selecting arrangement of a liquid crystal display which carries out a black display to the state where orientation is perpendicularly carried out in general to the substrate and may solve the above-mentioned technical problem In case the combination of the retardation of the above-mentioned liquid crystal layer and the retardation of a phase contrast film is derived, desired display grace, A conditioning means to set up an angle of visibility to secure the display grace concerned, and the inside of the above-mentioned angle of visibility, Incline most from [ of the above-mentioned substrate ] a normal, and the direction within a field of the above-mentioned substrate draws the voltage-permeability property of the above-mentioned liquid crystal display in the 1st direction which makes the absorption shaft of the above-mentioned polarizing element, and the angle of 45 degrees. It is characterized by having an applied-voltage determination means to determine the maximum point as white voltage, and a judgment means to judge whether display grace satisfies the display grace of the above-mentioned request based on the

determined white voltage. In addition, by the simulation, the above-mentioned applied-voltage determination means and a judgment means may compute the property of a liquid crystal display, and may draw the property of a liquid crystal display based on the input of an experimental result.

[0025] Since the above-mentioned retardation selecting arrangement derives the combination of the retardation of a liquid crystal layer, and the retardation of a phase contrast film by the above-mentioned retardation selection method, predetermined voltage can be determined as white voltage, or compared with the case where white voltage is determined based on the permeability of other directions etc., it is fewer computational complexity or a measurand, and can set up white voltage most highly in the range which does not carry out tone reversal within the above-mentioned angle of visibility, for example. Consequently, tone reversal is not carried out within an angle of visibility, but the combination of retardation with the moreover highest display grace can be derived by comparatively few time and effort.

[0026]

[Embodiments of the Invention] [1st operation gestalt] It is as follows when 1 operation gestalt of this invention is explained based on drawing 1 or drawing 7. That is, the liquid crystal display 1 concerning this operation gestalt is equipped with phase contrast film 7a and 7b of the negative film arranged, respectively between the liquid crystal cell 3 containing the liquid crystal layer 32 pinched by substrate 31a and 31b, polarizing-element 5a and 5b which were allotted to the both sides of a liquid crystal cell 3, and between a liquid crystal cell 3 and polarizing-element 5a and a liquid crystal cell 3 and polarizing-element 5b as shown in drawing 1.

[0027] The direction of absorption shaft 51a and 51b of the above-mentioned both polarizing-elements 5a and 5b is set up so that it may intersect perpendicularly. Moreover, the sense (field inboard) of the lagging axis of phase contrast film 7a and 7b is set up so that it may become 45 degrees to absorption shaft 51a and 51b of polarizing-element 5a and 5b b.

[0028] The TFT substrate which the above-mentioned liquid crystal cell 3 is a liquid crystal cell of a perpendicular orientation (VA) method, and, on the other hand, arranged TFT (TFT) and the pixel electrode 33 (after-mentioned) in the shape of a matrix (substrate 31a and 31b on the other hand), While printing the perpendicular orientation film which is not illustrated to the light-filter (CF) substrate (another side of substrate 31a and 31b) which has a counterelectrode and sticking both substrates 31a and 31b on it, the liquid crystal layer 32 which has a negative dielectric constant anisotropy is enclosed and created in the gap of both substrates 31a and 31b. Thereby, at the time of no voltage impressing, while the liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 32 carries out orientation to an abbreviation perpendicular, at the time of voltage impression, a liquid crystal molecule inclines and orientation can be carried out horizontally. Furthermore, in the liquid crystal cell 3 concerning this operation gestalt, as shown in drawing 2, the abbreviation square drill-like salient 34 is formed in each pixel electrode 33 prepared in one substrate 31a (31b). Orientation of the above-mentioned salient 34 is carried out so that it may be set up so that the direction of each slant face and the direction which projected the direction more perpendicular to each slant face in a detail into the field of substrate 31a and 32a may make absorption shaft 51a and 51b, and the angle of 45 degrees of the above-mentioned polarizing-element 5a and 5b, and a liquid crystal molecule may become perpendicular to each slant face near the salient 34. In addition, the electric field of the portion of salient 34 incline in the direction which becomes parallel to the slant face of salient 34 at the time of voltage impression. In case a liquid crystal molecule inclines these results at the time of voltage impression, in field inboard, it is easy to incline to a direction 45 degrees to absorption shaft 51a and 51b. In addition, on the above-mentioned TFT substrate, each above-mentioned salient 34 applies a light-sensitive nature resin, and can form it by processing it at a photo lithography process.

[0029] In the liquid crystal display 1 of the above-mentioned composition, at the time of no voltage impressing, orientation of the liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 32 is carried out to an abbreviation perpendicular to the front face of substrate 31a (31a) except for an about 34-salient a small number of molecule, and the liquid crystal layer 32 has almost no form birefringence. Consequently, a good black display is obtained. On the other hand, when an electrode is impressed to the pixel electrode 33, the liquid crystal molecule of the pixel corresponding to the pixel electrode 33 inclines so that absorption shaft 51a and 51b, and the angle of 45 degrees may be made by field inboard, and carries out orientation to an abbreviation horizontal to the front face of substrate 31a and 31b. Consequently, the liquid crystal layer 32 has strong form birefringence, and the pixel concerned becomes a white display.

[0030] Moreover, when the voltage of middle gradation is impressed, since the liquid crystal molecule of the pixel concerned does not become level to substrate 31a and 31b, if the user (observer) of a liquid crystal display 1 sees from [ of a liquid crystal molecule ] a major axis, it will be visible [ a molecule / user ] to a black display. However, with this operation gestalt, since orientation division of the 1 pixel is carried out at plurality (this example four) corresponding to each slant face, the transmitted light from the portion in which the liquid crystal molecule is carrying out orientation in other directions among the pixels concerned is told to the user of the above-mentioned direction. Consequently,



compared with the case where orientation division has not been carried out, middle gradation is more discriminable from a slanting viewing angle.

[0031] here -- the display grace from a slanting viewing angle -- the total of the retardation of the above-mentioned both phase contrast film 7a and 7b -- in order to realize the liquid crystal display 1 which had good display grace since it changed sharply according to Rth and the retardation Rlc of a liquid crystal cell 3, it is necessary to select these values to a suitable value. However, supposing it sets up retardation at random and repeats experiment/display grace evaluation in arbitrary directions in order to derive a suitable combination as mentioned above, it will take very big time and effort.

[0032] With this operation gestalt, the numerical range from which high contrast is especially acquired at the time of a slanting viewing angle was found out, without applying big time and effort by determining the white voltage Vw and judging whether display grace fulfills desired conditions based on the voltage-permeability curve Ta in the direction A determined from the structure and the angle of visibility alpha of a liquid crystal display 1.

[0033] Here, with this operation gestalt, the property of a liquid crystal display 1 is searched for in the simulation, and each following step is carried out with the arithmetic unit (retardation selecting arrangement) 101 shown in drawing 3. The simulation processing section 102 which derives the permeability in the arbitrary angles of the liquid crystal display 1 with which the specified voltage was impressed to the arithmetic unit 101 concerned by the simulation, The parameter storage section 103 which memorizes a parameter required for a simulation, The conditioning section 104 which sets up the conditions of requests, such as an angle of visibility alpha and contrast, (condition selection means), The retardation setting section 105 which chooses Retardation Rth and Rlc, The applied-voltage determination section 106 which derives the white voltage and black voltage of the range in which the liquid crystal display 1 which controls the above-mentioned simulation processing section 102, and has above-mentioned retardation Rth-Rlc does not carry out tone reversal within the desired angle of visibility alpha (applied-voltage determination means), The evaluation section (judgment means) 107 which evaluates the contrast of the liquid crystal display 1 with which the above-mentioned simulation processing section 102 is controlled, and the voltage concerned is impressed is formed. In addition, the above-mentioned each part material 102-107 is functional block realized because operation part, such as CPU, performs the program stored in the storage sections, such as ROM and RAM. The computer concerned can operate as an arithmetic unit 101 by the computer which has operation part and the storage section reading from the record medium which recorded the above-mentioned program, or transmitting through a channel, and acquiring and executing the above-mentioned program.

[0034] In the arithmetic unit 101 of the above-mentioned composition, the parameter for deriving the permeability of the liquid crystal display 1 in the arbitrary direction when arbitrary voltage impresses based on directions of a user etc. is set as the parameter storage section 103 in Step 1 (below, it calls for short like S1) shown in drawing 4. An elastic coefficient, a dielectric constant, a refractive index, a helical pitch, etc. are contained in the parameter concerned as a parameter of liquid crystal. Moreover, for example, cell \*\*, anchoring energy, a pre tilt angle, the parameter that shows the cellular structure are contained in the above-mentioned parameter as a parameter of a liquid crystal cell 3. If a parameter is set up by the above S1, in S2, based on the above-mentioned parameter, the simulation processing section 102 of an arithmetic unit 101 will calculate the equilibrium in each voltage, and will calculate the orientation state of the liquid crystal molecule in each voltage.

[0035] on the other hand -- the conditioning section 104 -- S3 -- setting -- for example, directions of a user etc. -- being based -- the desired angle of visibility alpha (for example, 60 degrees) and the minimum -- required contrast (for example, 5) is inputted. Furthermore, in S4, the retardation setting section 105 sets up the initial value (for example, 10nm) of the retardation Rth of phase contrast film 7a and 7b based on an index ellipsoid, film \*\*, etc. which form for example, phase contrast film 7a and 7b. Specifically, since it is set as  $n_1 = n_2 > n_3$  when phase contrast film 7a and 7b are negative films, sets the refractive index within a field to  $n_1$  and  $n_2$  and the refractive index of the direction of a normal is set to  $n_3$ . The retardation Rth of phase contrast film 7a and 7b should be shown in the following formulas (1).  

$$R_{th} = d_{th} - \{(n_1 + n_2) / 2 - n_3\}$$

$$= d_{th} - (n_1 - n_3) \quad (1)$$

It becomes. In addition, in an upper formula (1),  $d_{th}$  is the sum total of film \*\* of phase contrast film 7a and 7b. On the other hand, the retardation Rlc of a liquid crystal cell 3 should be shown in the following formulas (2).  $R_{lc} = d_{lc} - \delta_{tan}$  - (2)

It comes out, and it is and the initial value (for example, 10nm) of Retardation Rlc is drawn based on rate of birefringence  $\delta_{tan}$ , the cell thick  $d_{lc}$  of the liquid crystal cell 3 set up by the above S1, and rate of birefringence  $\delta_{tan}$ . In addition, as long as it is a setting possible value as retardation Rlc and Rth, Retardation Rlc and Rth may be set up first and thickness  $d_{lc}$  and  $d_{th}$  may be counted backward based on the above-mentioned formula (1) and a formula (2).



[0036] If the initial value of Retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  is set up in the above S1 and S4, it will set to S5. the applied-voltage determination section 106 As a direction (direction A) where display grace is the worst, the direction of the maximum viewing angle (the angle with the direction of a normal of the front face of for example, substrate 31a and 31b to make is 60 degrees) determined as absorption shaft 51a and 51 of polarizing-element 5a and 5b b by nothing and the above S3 in 45 degrees by field inboard is chosen. Furthermore, as the simulation processing section 102 is controlled and it is shown in a dashed line among drawing 5, the applied-voltage determination section 106 draws the voltage-permeability curve Ta in the direction A concerned, and sets up the voltage from which permeability serves as the maximum ( $X_w$  point) as white voltage  $V_w$ . Moreover, the voltage used as the minimum of permeability is set up as black voltage  $V_b$ .

[0037] Here, the above-mentioned directions A are the above-mentioned absorption shaft 51a and 51b, and an angle which makes 45 degrees in a field, and are most distant from the normal in the angle of visibility  $\alpha$  set up by the above S3. Consequently, as shown in drawing 5, the voltage-permeability curve Tf and field inboard of the direction of a transverse plane are parallel to absorption shaft 51a and 51b, compared with the voltage-permeability curve Tb in the direction B of the maximum viewing angle, display grace is bad, not only the change range of permeability is narrow, but the maximal value of permeability exists and the range in which permeability carries out a monotonous increase is narrow. Therefore, if it sets up so that the voltage temporarily beyond the voltage used as the above-mentioned maximal value may also be impressed, in the above-mentioned direction A, tone reversal will occur and the part which other directions and light and darkness reverse will appear in a display image. In addition, in this drawing, the value which makes the permeability of air 1 time shows permeability. Moreover, the unit of voltage is [V].

[0038] However, in the above S5, the highest voltage is set up as white voltage ( $V_w$ ) in Direction A among the ranges in which permeability carries out a monotonous increase. As a result, for example, predetermined voltage, it can determine as white voltage, or compared with the case where white voltage is determined based on the permeability of other directions etc., by fewer computational complexity, it is the highest in the range which does not carry out tone reversal within the angle of visibility  $\alpha$  set up by the above S3, and white voltage can be set up.

[0039] It judges whether when the white voltage  $V_w$  and the black voltage  $V_b$  were determined, the evaluation section 107 controlled the simulation processing section 102 by the above S5, it estimated the display grace of the liquid crystal display 1 when the voltage concerned is impressed in S6, and the good viewing-angle property was acquired in S7 by it.

[0040] With this operation gestalt; whether the minimum value of contrast is beyond a value (for example, 5) set up beforehand is estimating the display grace of a liquid crystal display 1, and as the minimum value of contrast, in the above-mentioned direction A, the evaluation section 107 computes the ratio of the permeability  $T_{aw}$  at the time of white voltage  $V_w$  impression, and the permeability  $T_{ab}$  at the time of black voltage  $V_b$  impression, and evaluates display grace by whether the value concerned is more than the above-mentioned set point. In addition, since both the permeability  $T_{aw}$  and  $T_{ab}$  is drawn in case it derives the voltage-permeability curve Ta in the above-mentioned S4, it can compute the minimum value of contrast by few computational complexity.

[0041] Since the combination of Retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  is suitable when a good viewing-angle property is acquired by the judgment of the above S7, an arithmetic unit 101 completes optimization. On the other hand, when a good viewing-angle property is not acquired (in the case [ Above S7, ] of NO), in S8, the evaluation section 107 is the retardation  $R_{lc}$  of the liquid crystal cell 3 set up now, based on the change history of the display grace when changing Retardation  $R_{th}$  until now, if retardation  $R_{th}$  is enlarged further, will presume whether a property gets worse, and judges whether it is necessary to change the above-mentioned retardation  $R_{lc}$ . For example, when the present retardation  $R_{th}$  is judged to be the maximum from the history of change of the above-mentioned display grace, in S9, the evaluation section 107 changes the value of the parameter storage section 103, changes cell \*\* and the refractive index of a liquid crystal cell 3, and changes 10 etc.nm of retardation  $R_{lc}$  of a liquid crystal cell 3 etc. at a time by predetermined value serration. After that, the processing after the above S2 is repeated. On the other hand, even if it makes Retardation  $R_{th}$  increase, when it is presumed that display grace does not fall (in the case [ Above S8, ] of NO), the evaluation section 107 repeats the above-mentioned S4 or subsequent ones, and the retardation setting section 105 makes the retardation  $R_{th}$  of phase contrast film 7a and 7b, such as every 10 etc.nm, increase by predetermined value serration, and it reevaluates display grace.

[0042] With the above-mentioned composition, white and black voltage are determined based on the voltage-permeability curve Ta in the specific direction A determined as absorption shaft 51a and 51 of polarizing-element 5a and 5b b with the desired angle of visibility  $\alpha$ . As a result, for example, predetermined voltage, it can determine as white voltage, or compared with the case where white voltage is determined based on the permeability of other directions etc., by fewer computational complexity, it is the highest in the range which does not carry out tone reversal within the above-mentioned angle of visibility  $\alpha$ , and white voltage can be set up. Therefore, by the fewer effort,

tone reversal is not carried out within the desired angle of visibility  $\alpha$ , but the liquid crystal display 1 with the moreover highest (the brightest) permeability can be manufactured.

[0043] In addition, although reference is closed in the flow chart of drawing 4 when a good viewing-angle property is acquired, after a good viewing-angle property is acquired, Retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  is changed, and if the range from which a good viewing-angle property is acquired is computed, it will become like drawing 6 and drawing 7. Even in this case, in each combination of Retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$ , since a viewing-angle property is judged where white voltage is set up so that it may become the brightest in the range which does not carry out gradation within an angle of visibility  $\alpha$ , the experiment and computational complexity for every combination are reducible.

[0044] Here, it is a high line that each line of drawing 6 shows the range of the retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  which can attain the minimum contrast in each at the time of changing the minimum contrast set up as conditions by 2.5 serration to 2.5-12.5 by the above S3 etc. As a value which does not have a problem in practical use in any way among the above, if contrast 5 is chosen, it will become the range of drawing 7. If this drawing is examined in detail, in order not to carry out tone reversal in the range to 60 viewing angles but to maintain contrast 5 at least by the within the limits concerned moreover, the sum total  $R_{th}$  of the retardation  $R_{lc}$  of a liquid crystal cell 3 and the retardation of phase contrast film 7a and 7b should be shown below.  $R_{th} \leq R_{lc} + 150\text{nm}$  -- (3)

$R_{th} \geq 1.25, R_{lc} - 262.5\text{nm}$  -- (4)

$R_{lc} \geq 75\text{nm}$  -- (5)

$R_{th} \geq 30\text{nm}$  -- (6)

It turns out that it is necessary to carry out \*\* satisfactory.

[0045] Therefore, if a liquid crystal cell 3 and the retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  of phase contrast film 7a and 7b are set up so that the above-mentioned formula (3) - a formula (6) may be satisfied in case a liquid crystal display 1 is manufactured, also in a slanting viewing angle, good contrast is securable.

[0046] At [the 2nd operation gestalt] and time, the display grace of a liquid crystal display was judged with the 1st operation gestalt by whether the contrast of the request by desired angle-of-visibility  $\alpha$  within the limits is maintainable. On the other hand, this operation gestalt explains the case where display grace is judged, based on the permeability at the time of the white voltage of the direction of a transverse plane which influences the brightness and contrast of the direction of a transverse plane of a liquid crystal display.

[0047] That is, with this operation gestalt, as shown in drawing 8, in S21 replaced with and prepared in S3 shown in drawing 4, the conditioning section 104 sets up the permeability (for example, 0.2 times when making the permeability of air into 1 time etc.) of the direction of a transverse plane as conditions for a good viewing-angle property. Moreover, in S22 replaced with and prepared in S6, the evaluation section 107 controls the simulation processing section 102, draws the permeability  $T_{fw}$  of the direction of a transverse plane at the time of impressing the white voltage  $V_w$  determined by the above S5, and evaluates whether it is beyond the value to which the permeability  $T_{fw}$  concerned was set by the above S21. For example, in the example shown in drawing 9, the permeability  $T_{fw}$  of the direction of a transverse plane is about 0.4001, and the white voltage  $V_w$  determined by the above S5 shows fulfilling the above-mentioned conditions. In addition, the above-mentioned permeability is the value which made the permeability of air 1 time. Moreover, based on the voltage-permeability curve  $T_a$  of Direction A, the white voltage  $V_w$  is determined by this case as well as the 1st operation gestalt. Therefore, the parameter of a liquid crystal display 1 can be set up so that tone reversal may not be carried out within the desired angle of visibility  $\alpha$  but permeability may moreover become high (bright) most by the fewer effort.

[0048] Here, like drawing 6 and drawing 7, after a good viewing-angle property is acquired, Retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  is changed, and if the range from which a good viewing-angle property is acquired is computed, it will become like drawing 10 and drawing 11. In drawing 10, it is a high line that each line shows the range of the retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  which can attain the permeability concerned in each at the time of changing the permeability  $T_{fw}$  at the time of the white voltage of the direction of a transverse plane set up as conditions by the above S21 to 0.05 serration to 0.05-0.45 etc. As a value which does not have a problem in practical use in any way among the above, if permeability  $T_{fw}=0.2$  at the time of the white voltage of the direction of a transverse plane are chosen, it will become the range of drawing 11. If this drawing is examined in detail, tone reversal is not carried out in the range to 60 viewing angles, but in order to make the permeability  $T_{fw}$  at the time of the white voltage of the direction of a transverse plane or more into 0.2, moreover, the sum total  $R_{th}$  of the retardation  $R_{lc}$  of a liquid crystal cell 3 and the retardation of phase contrast film 7a and 7b should be shown below.  $R_{th} \leq 1.5, R_{lc} + 80\text{nm}$  -- (7)

$R_{lc} \geq 155\text{nm}$  -- (8)

It turns out that it is necessary to carry out \*\* satisfactory.

[0049] Therefore, if a liquid crystal cell 3 and the retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  of phase contrast film 7a and 7b are set up so that an above-mentioned formula (7) and an above-mentioned formula (8) may be satisfied in case a liquid crystal

display 1 is manufactured, the tone reversal of a slanting viewing angle can be suppressed, without spoiling front brightness and front contrast.

[0050] It is more desirable to keep the ratio of the brightness of each gradation the same mutually irrespective of a viewer's viewing angle, when a liquid crystal display 1 indicates by gradation in time with [the 3rd operation gestalt]. This operation gestalt explains the case where display grace is judged by desired angle-of-visibility within the limits based on whether the ratio of the permeability  $T_{an}$  of the direction A in each gradation  $n$  and the permeability  $T_{fn}$  of the direction of a transverse plane is predetermined within the limits as an error criterion of further others in order to secure good display grace also at the time of a gradation display.

[0051] That is, with this operation form, as shown in drawing 12, in S31 replaced with and prepared in S3 shown in drawing 4, the conditioning section 104 sets up the ratio which the permeability  $T_{an}$  of the direction A in each gradation  $n$  and the permeability  $T_{fn}$  of the direction of a transverse plane should satisfy as conditions for a good viewing-angle property. In addition, although the ratio itself may be set up, with this operation form, the range of the permeability  $T_{an}$  in Direction A is set up. Specifically, in the case of eight gradation (i.e., black), it is the 0th gradation, and if the permeability  $T_{fw}$  at the time of the white voltage in the direction of a transverse plane is normalized as 100% when white is the 7th gradation, the permeability  $T_{f6}$  of the 6th gradation in the direction of a transverse plane will become  $6/7$ , i.e., about 85.7%. In this case, as conditions for a good viewing-angle property, the permeability  $T_{a6}$  of the 6th gradation in Direction A makes 100% the permeability  $T_{aw}$  at the time of the white voltage in Direction A, for example, is set as 80% - 95% of range.

[0052] Moreover, with this operation form, after setting up the white voltage  $V_w$  and the black voltage  $V_b$  in above-mentioned S5, in S32, the applied-voltage determination section 106 controls the simulation processing section 102, and computes the permeability  $T_{fn}$  of the direction of a transverse plane in each gradation based on the permeability  $T_{fw}$  of the direction of a transverse plane in the white voltage  $V_w$ , and the permeability  $T_{fb}$  of the direction of a transverse plane in the black voltage  $V_b$ . Furthermore, the applied voltage used as each permeability  $T_{fn}$  is determined for every gradation from the voltage-permeability curve  $T_f$  of the direction of a transverse plane. As mentioned above, if the case of eight gradation is made into an example, since the permeability  $T_{f6}$  of the 6th gradation in the direction of a transverse plane turns into about 85.7% of the permeability  $T_{fw}$  at the time of white voltage, in the voltage-permeability curve  $T_f$  top of the direction of a transverse plane shown in drawing 13, the voltage  $V_6$  corresponding to the point  $X_6$  of permeability  $T_{f6}$  will be set up as applied voltage  $V_6$  of the 6th gradation.

[0053] Furthermore, if the applied voltage of each gradation is determined, in S33 replaced with and prepared in S6, the evaluation section 107 will control the simulation processing section 102, will draw the permeability  $T_{an}$  of the direction A in each applied voltage determined by the above S32, and will judge whether it is within the limits to which the permeability  $T_{an}$  concerned was set by the above S31. In addition, based on the voltage-permeability curve  $T_a$  of Direction A, the white voltage  $V_w$  is determined by this case as well as the 1st operation form. Therefore, by the fewer effort, tone reversal is not carried out within the desired angle of visibility  $\alpha$ , but moreover, the parameter of a liquid crystal display 1 can be set up so that it may become the gradation which was similar with the gradation of the direction of a transverse plane within the angle of visibility  $\alpha$  concerned also in the direction where display grace is the worst.

[0054] Here, like drawing 6 and drawing 7, after a good viewing-angle property is acquired, Retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  is changed, and if the range from which a good viewing-angle property is acquired is computed, it will become like drawing 14 and drawing 15. In drawing 14, it is a high line that the range of the retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  from which the permeability  $T_{a6}$  in the direction A of [ at the time of applying the applied voltage  $V_6$  of the 6th gradation ] becomes a predetermined value is shown etc., and each line is a contour line of 0.75% serration from 57.5% to 95%, when the permeability  $T_{aw}$  at the time of the white voltage impression in Direction A is made into 100%. As a value which does not have a problem in practical use in any way among the above, if 95 to 80% of range is chosen by the case of the 6th gradation, it will become the range of drawing 15. If this drawing is examined in detail, tone reversal is not carried out in the range to 60 viewing angles, but in order to make the gradation property in Direction A into the property of the direction of a transverse plane in general at an analog, moreover, the sum total  $R_{th}$  of the retardation  $R_{lc}$  of a liquid crystal cell 3 and the retardation of phase contrast film 7a and 7b should be shown below.  $R_{th} \leq$

250nm -- (9)

$R_{lc} \geq 30\text{nm}$  -- (10)

It turns out that it is necessary to carry out \*\* satisfactory.

[0055] Therefore, if a liquid crystal cell 3 and the retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  of phase contrast film 7a and 7b are set up so that an above-mentioned formula (9) and an above-mentioned formula (10) may be satisfied, within the limits of the desired angle of visibility  $\alpha$ , tone reversal is not carried out but, moreover, the liquid crystal display 1 in which the gradation property and analogous property of the direction of a transverse plane are shown can be realized.

[0056] [4th operation form] This operation form explains the case where display grace is judged by all the criteria in the above 1st or the 3rd operation form. That is, as shown in drawing 16, with this operation form, the contrast in Direction A, the luminosity of the direction of a transverse plane, and the relation between the permeability of the direction A in each gradation and the permeability of the direction of a transverse plane are set up as conditions for good display grace in S41 replaced with S3 of drawing 4.

[0057] Moreover, after the applied voltage of each gradation is determined, by S43 replaced with S6, the contrast in Direction A, the luminosity of the direction of a transverse plane, and the relation between the permeability of the direction A in each gradation and the permeability of the direction of a transverse plane are drawn, and the display grace of a liquid crystal display 1 is judged the S42 [ same ] as S32 of drawing 12. In addition, based on the voltage-permeability curve Ta of Direction A, the white voltage Vw is determined by this case as well as the 1st operation form. Therefore, the parameter of a liquid crystal display 1 can be set up so that tone reversal may not be carried out within the desired angle of visibility alpha but it may moreover have the effect of the 1st or 3rd liquid crystal display by the fewer effort.

[0058] The range which the range shown in drawing 7, the range shown in drawing 11, and the range shown in drawing 15 overlapped as it changed Retardation Rlc and Rth after a good viewing-angle property is acquired like [ here ] drawing 7, and it was shown in drawing 17, when the range from which a good viewing-angle property is acquired was computed is acquired. therefore, an above-mentioned formula (3) - a formula (10) -- without spoiling the permeability of the direction of a transverse plane, if a liquid crystal cell 3 and the retardation Rlc and Rth of phase contrast film 7a and 7b are set up, so that all may be satisfied, tone reversal is not carried out within the limits of the desired angle of visibility alpha, but the minimum contrast is beyond a predetermined value and, moreover, the liquid crystal display 1 with which the gradation property of the direction of a transverse plane and the arbitrary direction was similar can be realized

[0059] By the way, although the retardation Rlc of a liquid crystal cell 3 was changed and change of the above-mentioned retardation Rth is repeated with the 1st or 4th operation form when display grace gets worse while changing the sum total Rth of the retardation of phase contrast film 7a and 7b from initial value, the selection method of an evaluation point (Retardation Rlc and Rth should put together) is not restricted to this. For example, you may search an optimum value, changing the both sides of both the retardation Rlc and Rth based on an evaluation result, as shown in drawing 18.

[0060] Specifically, on the two-dimensional map centering on Retardation Rlc and Retardation Rth, at first, three points (Rlc, Rth) are chosen arbitrarily and the display grace of the liquid crystal display 1 in each point is evaluated. For example, S5 and S6 which are shown in drawing 4 are processed for each point, and the example of the 1st operation form estimates the contrast of Direction A.

[0061] Here, when it considers as points C1, C2, and C3 from order with low evaluation among each point, the middle point of a point C2 and a point C3 is computed, and it considers as a point C4. Furthermore, the externally dividing point of 1:2, the middle point, the externally dividing point of 2:1, and the externally dividing point of 3:2 are computed as D1 - a point D4, respectively on the basis of the point C1 describing above and a point C4. Moreover, the display grace of a liquid crystal display 1 is evaluated about each point D1-D4.

[0062] Furthermore, the point E among points D1-D4 that evaluation is the highest is replaced with a point C1, evaluation of Point E, a point C2, and a point C3 is compared, and calculation of a point D1 - a point D4 and evaluation of display grace are repeated as new points C1, C2, and C3 in the low order of evaluation. In addition, evaluation may not be restricted to the contrast of Direction A etc. and may be synthetically judged based on the comprehensive evaluation value computed by the predetermined performance index from brightness, a gradation property, etc. of the contrast of Direction A, and the direction of a transverse plane.

[0063] Since the white voltage Vw is determined also by the above-mentioned method based on the voltage-permeability curve Ta of Direction A, the retardation Rlc and Rth which fills desired conditions with fewer computational complexity, is computable. Furthermore, although the range which fills desired conditions with the method concerned unlike drawing 4, drawing 8, drawing 12, and drawing 16 is uncomputable, since the both sides of both the retardation Rlc and Rth are adjusted according to an evaluation result, it is computational complexity still fewer than each above-mentioned drawing, and the retardation Rlc and Rth for manufacturing the liquid crystal display 1 with the optimal display grace can be computed.

[0064] In [the 5th operation form] and time, with the above 1st or the 4th operation form, when deriving many properties of a liquid crystal display 1, the voltage-permeability curve etc. made the example the case where it computed in a simulation, and explained, for example. On the other hand, with this operation form, an experiment explains the case where many properties are derived.

[0065] That is, in arithmetic unit 101a shown in drawing 19, it replaces with the simulation processing section 102 and

the parameter storage section 103 which are shown in drawing 3, for example, the measured-value input section 108 into which a measurement result is inputted is formed from a user, a measuring device, etc. of arithmetic unit 101a, and the applied-voltage determination section 106 and the evaluation section 107 have received the value from the simulation processing section 102, and the same value from the measured-value input section 108. Each retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  can be determined by this by the same method as the 1st or 4th operation form, and the same result can be derived. Moreover, since the white voltage  $V_w$  is determined based on the voltage-permeability curve  $T_a$  of Direction A, the composition concerned can also compute the retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  which fills desired conditions with a fewer measurement count.

[0066] By the way, although the case where a negative film was used was made into the example as phase contrast film 7a and 7b and the 1st or 5th operation form explained, even when not only this but a right film is used, the combination of the optimal retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  can be derived by the same method. If it is a film used as  $n_1 > n_2 = n_3$  and the retardation  $R_{th}$  considers  $d_{th}$  as the sum total of the thickness of both the phase contrast film, when a right film is made into the refractive indexes  $n_1$  and  $n_2$  within a field, and the refractive index  $n_3$  of the direction of a normal  $R_{th} = d_{th} - \{(n_1 + n_2) / 2 - n_3\}$  -- (11)

It is computed by carrying out.

[0067] Also with this liquid crystal display, by the same method as the 1st or 5th operation form, when the range of the optimal retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  was searched for, it was checked that it is the same as that of each range.

[0068] Moreover, phase contrast film 7a and 7b may be phase contrast films expressed by the biaxial index ellipsoid. In addition, the retardation  $R_{th}$  of the film concerned is also computed by the above-mentioned formula (11). Also with this liquid crystal display, the range of the optimal retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  could be derived by the same method as the 1st or 5th operation form, and it has checked that it was the same as that of each range.

[0069] Furthermore, although the case where phase contrast film 7a and 7b were allotted to the both sides of a liquid crystal cell 3 was made into the example and each above-mentioned operation form explained, you may allot only one side. Moreover, you may realize phase contrast film 7a (7b) for two or more kinds of phase contrast films in piles. the total of the retardation of the phase contrast film which can derive the optimal range of Retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$ , and is arranged between both polarizing-elements 5a and 5b by the same method even if it is which case -- it was checked that the optimal range of  $R_{th}$  and the retardation  $R_{lc}$  of a liquid crystal cell 3 is the same as the range which the 1st or 5th operation form shows

[0070] In addition, although the case where a liquid crystal cell 3 was set as the perpendicular orientation mode of quadrisection was made into the example and the salient 34 shown in drawing 2 explained with each above-mentioned operation form, it does not restrict to this. For example, by the shape of L character, as shown in drawing 20, the configuration within a field may form the salient 36 of a configuration in the pixel electrode 33 similarly at the counterelectrode of CF substrate, while the configuration of the direction of a normal forms the salient 35 of Yamagata. In addition, the interval of both salients 35-36 in the field inboard of substrate 31a and 31b is allotted so that the normal of the slant face of salient 35 and the normal of the slant face of salient 36 may be in agreement. Moreover, like salient 34 etc., each above-mentioned salient 35-36 applies a light-sensitive nature resin on the above-mentioned pixel electrode 33 and a counterelectrode, and can form it by processing it at a photo lithography process.

[0071] Among salients 35, on the other hand, in a portion, if the liquid crystal molecule of the field 37-38 near [concerned] the portion is based on absorption shaft 51a and 51b of polarizing-element 5a and 5b of corner of L characters shown in drawing 1 in field inboard of substrate 31a and 31b, in the above-mentioned structure, it will carry out orientation in the direction of 45 degrees, and the direction of 225 degrees by carrying out orientation along both the slant faces in Yamagata. On the other hand, among salients 35, in the portion of another side of the corner of L characters, the liquid crystal molecule of the field 39-40 near [concerned] the portion carries out orientation along both the slant faces in Yamagata, and in field inboard, if based on absorption shaft 51a and 51b, orientation will be carried out in the direction of 135 degrees and 315 degrees. Thereby, in each pixel, the orientation division of the liquid crystal molecule can be carried out in the four directions like the case of drawing 2.

[0072] Moreover, it does not restrict to the-four number of orientation division, either, and can apply also to the perpendicular orientation mode which carried out orientation division at plurality. Furthermore, as shown in drawing 21, in the case of the perpendicular orientation mode which prepared semi-sphere-like salient 34a in the pixel electrode 33, and carried out axial-symmetry orientation to it, you may apply. On the TFT substrate (31a or 31b) which arranged the pixel electrode (33) in the shape of a matrix, salient 34a applies a light-sensitive nature resin, is processing it at a photo lithography process, and can form every one salient 34a for every pixel. Even if it was which case, the optimal range of Retardation  $R_{lc}$  and  $R_{th}$  could be computed by the same method, and it has checked that the same range was the optimal.

[0073] Moreover, when, forming a large-sized liquid crystal television like 40 inches for example, the size of each



pixel becomes large with 1mm grade around, and only by preparing a salient (34and34a) in every one pixel electrode, the orientation regulation force becomes weaker and it has a possibility that orientation may become unstable. Therefore, it is more desirable to prepare two or more salients on each pixel electrode 33, when the orientation regulation force is insufficient.

[0074]

[Effect of the Invention] For the liquid crystal display concerning this invention, the sum total  $R_{th}$  of the retardation of the thickness direction of a phase contrast film and the retardation  $R_{lc}$  of a liquid crystal layer are  $R_{th} \leq$  as mentioned above.  $R_{lc} + 150\text{nm}$ ,  $R_{th} \geq 1.25$ ,  $R_{lc} - 262.5\text{nm}$ ,  $R_{lc} \geq 75\text{nm}$  and  $R_{th} \geq$  It is the composition of filling 30nm.

[0075] With the above-mentioned composition, the upper limit and the minimum are set up about the retardation combination of a liquid crystal layer and a phase contrast film, and five or more contrast can be maintained, without carrying out tone reversal in the viewing-angle range at large [ to a direction ] which inclined 60 degrees from [ of a substrate ] the normal, if it is set as the range concerned. Consequently, the effect that the good liquid crystal display of the display grace of a slanting viewing angle is certainly realizable is done so.

[0076] the liquid crystal display concerning this invention -- above -- the above-mentioned composition -- in addition -- further -- the total of the retardation of the thickness direction of the above-mentioned phase contrast film --  $R_{th}$  and the retardation  $R_{lc}$  of the above-mentioned liquid crystal layer --  $R_{th} \leq 1.5$  and  $R_{lc} + 80\text{nm}$  and  $R_{lc} \geq$  It is the composition of filling 155nm.

[0077] According to the composition concerned, the permeability of the direction of a transverse plane of a liquid crystal display can be kept at 0.2 or more times of the permeability of air. Consequently, the display grace of a slanting viewing angle does so the effect that a good liquid crystal display is certainly realizable, without spoiling the brightness of the direction of a transverse plane, and contrast.

[0078] For the liquid crystal display concerning this invention, the sum total  $R_{th}$  of the retardation of the thickness direction of a phase contrast film and the retardation  $R_{lc}$  of a liquid crystal layer are  $R_{th} \leq$  as mentioned above. 1.5,  $R_{lc} + 80\text{nm}$  and  $R_{lc} \geq$  It is the composition of filling 155nm.

[0079] Moreover, the permeability of the direction of a transverse plane can be kept at 0.2 or more times of the permeability of air, without carrying out tone reversal of it in the viewing-angle range at large [ to a direction ] which inclined 60 degrees from [ of a substrate ] the normal, if the upper limit and the minimum are set up about the retardation combination of a liquid crystal layer and a phase contrast film and the above-mentioned composition is also set as the range concerned. Consequently, the display grace of a slanting viewing angle does so the effect that a good liquid crystal display is certainly realizable, without spoiling the brightness of the direction of a transverse plane, and contrast.

[0080] The liquid crystal display concerning this invention is set in the above-mentioned composition as mentioned above, and the sum total  $R_{th}$  of the retardation of the thickness direction of the above-mentioned phase contrast film is  $R_{th} \leq 250\text{nm}$  and  $R_{lc} \geq$  It is the composition of filling 30nm.

[0081] According to the composition concerned, in the viewing-angle range at large [ to a direction ] which inclined 60 degrees from [ of a substrate ] the normal, the voltage-permeability property which was similar to the voltage-permeability property in the direction of a transverse plane in general can be maintained. Consequently, even if it sees the picture displayed on a liquid crystal display from which direction of the above-mentioned viewing-angle range, it becomes a value with the in general same ratio of the luminosity between each gradation, and the effect that the gradation property of a slanting viewing angle can realize a good liquid crystal display is done so.

[0082] The liquid crystal display concerning this invention is the composition that two or more fields where the response directions of a liquid crystal molecule differ for every pixel are established in the above-mentioned liquid crystal layer in addition to each above-mentioned composition. Moreover, the liquid crystal display concerning this invention is the composition that the response direction of a liquid crystal molecule is set in general as the axial symmetry for every pixel in the above-mentioned liquid crystal layer in addition to each above-mentioned composition. Furthermore, the liquid crystal display concerning this invention is the composition that two or more shafts of the above-mentioned axial-symmetry orientation are established for every pixel, in the above-mentioned composition. According to these composition, since a mutual field carries out optical compensation and it suits by orientation division of a pixel, the effect that a liquid crystal display with the more good display grace of a slanting viewing angle is realizable is done so.

[0083] The retardation selection method of the liquid crystal display concerning this invention As mentioned above, when the combination of the retardation of a liquid crystal layer and the retardation of a phase contrast film is derived, The voltage-permeability property of the liquid crystal display in the 1st direction in which it inclines most from [ of a substrate ] a normal among desired angles of visibility, and the direction within a field of a substrate makes the absorption shaft of a polarizing element and the angle of 45 degrees is drawn. It is composition including the applied-



voltage determination process of determining the maximum point as white voltage, and the judgment process which judges whether display grace satisfies desired display grace based on the determined white voltage.

[0084] With the above-mentioned composition, based on a desired angle of visibility and the absorption shaft orientation of a polarizing element, display grace determines the 1st worst direction and determines the maximal value of the voltage-permeability curve of the 1st direction concerned as white voltage. Consequently, tone reversal is not carried out within an angle of visibility, but the effect that the combination of retardation with the moreover highest display grace can be derived by comparatively few time and effort is done so.

[0085] The retardation selection method concerning this invention is the composition of the above-mentioned judgment process comparing the contrast in the 1st direction of the above with the minimum contrast which should be maintained within an angle of visibility, and judging, in the above-mentioned composition as mentioned above.

[0086] According to the composition concerned, the contrast of the 1st direction where display grace is the worst can derive the combination with which desired conditions are filled within the above-mentioned angle of visibility. Therefore, the effect that the retardation combination which can secure the above-mentioned minimum contrast at least can be derived by comparatively few time and effort throughout [ above-mentioned ] the inside of an angle of visibility is done so.

[0087] The retardation selection method concerning this invention is the composition of setting up the permeability at the time of the white voltage impression in the direction of a transverse plane of the above-mentioned substrate as display grace set up at the above-mentioned conditioning process in each above-mentioned composition as mentioned above. According to the composition concerned, the effect that the retardation combination for the brightness and contrast of the direction of a transverse plane realizing a good liquid crystal display can be derived is done so.

[0088] The retardation selection method concerning this invention is set in each above-mentioned composition as mentioned above. furthermore, based on the above-mentioned white voltage and the voltage-permeability property in the direction of a transverse plane of the above-mentioned substrate, as display grace set up at the above-mentioned conditioning process including the middle gradation voltage determination process of determining the applied voltage of middle gradation It is the composition of setting up the grade of similarity in each gradation voltage-permeability property in the above-mentioned transverse-plane direction, and each gradation voltage-permeability property in the 1st direction of the above.

[0089] With the above-mentioned composition, after determining middle gradation voltage based on the white voltage decided at the above-mentioned applied-voltage determination process, a similar grade is judged about the gradation voltage-permeability property of the 1st direction and the direction of a transverse plane. Consequently, even if it is the case where the picture displayed on a liquid crystal display is seen from which direction of [ in the above-mentioned angle of visibility ], the effect that retardation combination to which the ratio of the luminosity between each gradation is similar can be derived by comparatively few time and effort is done so.

[0090] The retardation selecting arrangement of the liquid crystal display concerning this invention As mentioned above, when the combination of the retardation of a liquid crystal layer and the retardation of a phase contrast film is derived, The voltage-permeability property of the liquid crystal display in the 1st direction in which it inclines most from [ of a substrate ] a normal among desired angles of visibility, and the direction within a field of a substrate makes the absorption shaft of a polarizing element and the angle of 45 degrees is drawn. It is composition equipped with an applied-voltage determination means to determine the maximum point as white voltage, and a judgment means to judge whether display grace satisfies desired display grace based on the determined white voltage.

[0091] Since the retardation selecting arrangement of the composition concerned derives the combination of the retardation of a liquid crystal layer, and the retardation of a phase contrast film by the above-mentioned retardation selection method, tone reversal of it is not carried out within an angle of visibility, but it does so the effect that the combination of retardation with the moreover highest display grace can be derived by comparatively few time and effort.

---

[Translation done.]

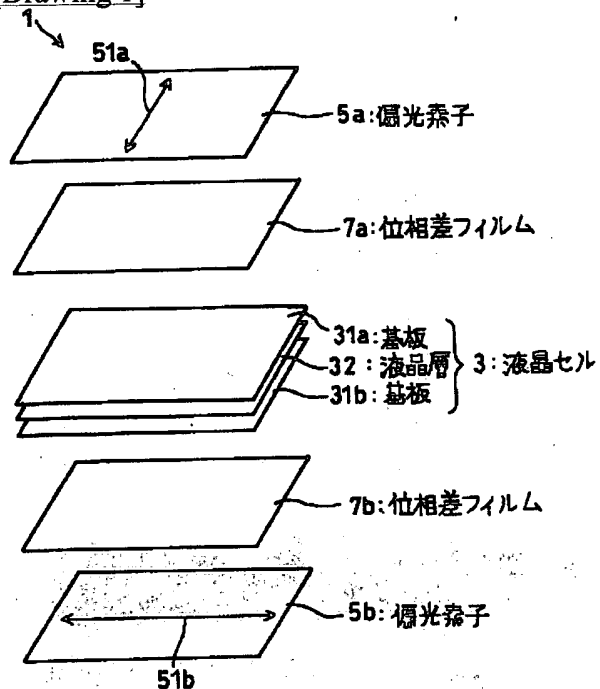
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

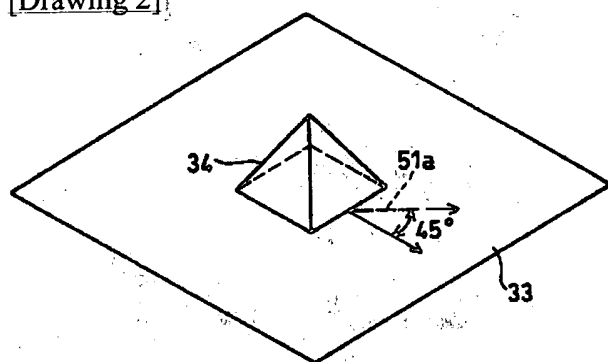
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]

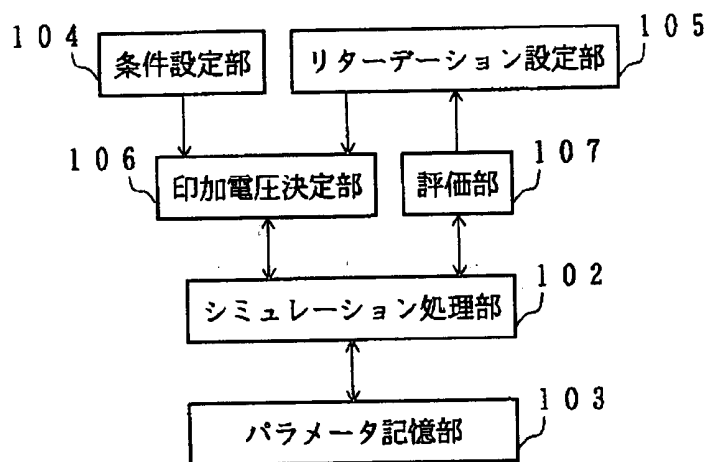


[Drawing 2]

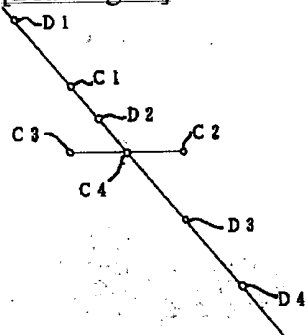


[Drawing 3]

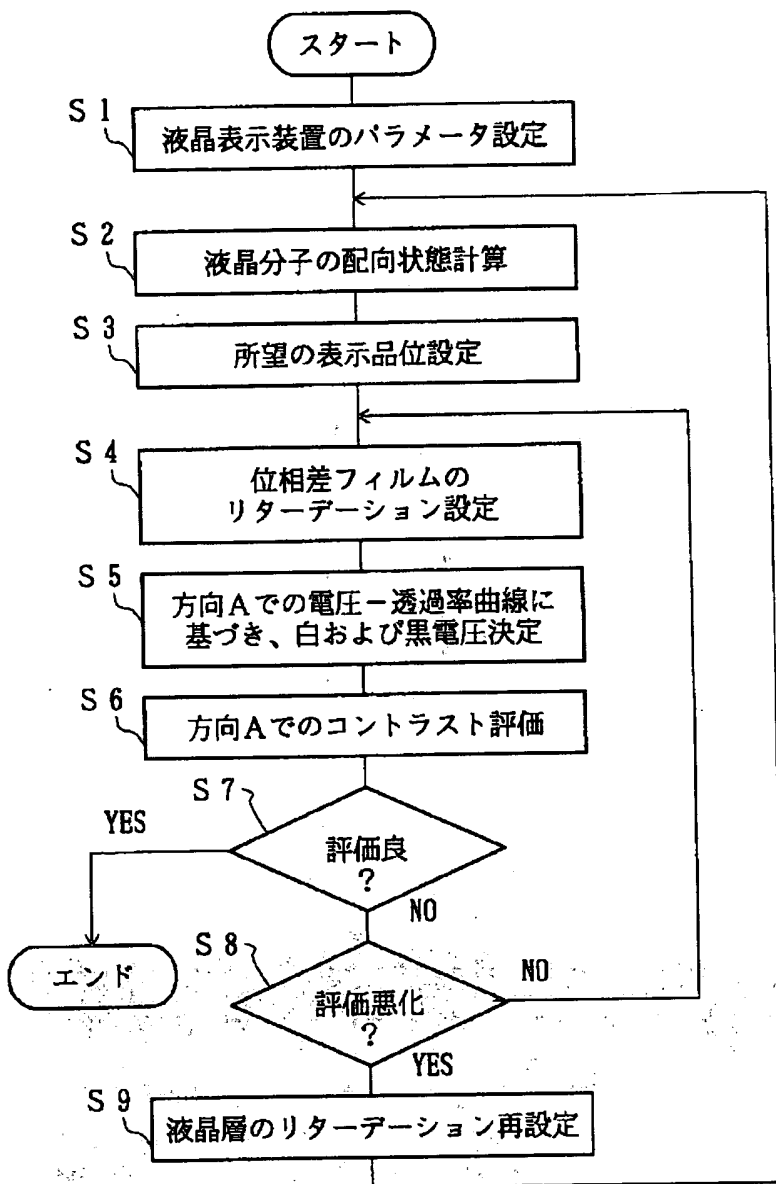
101



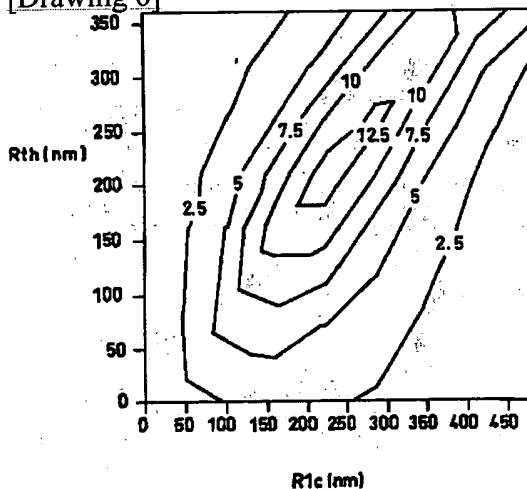
[Drawing 18]



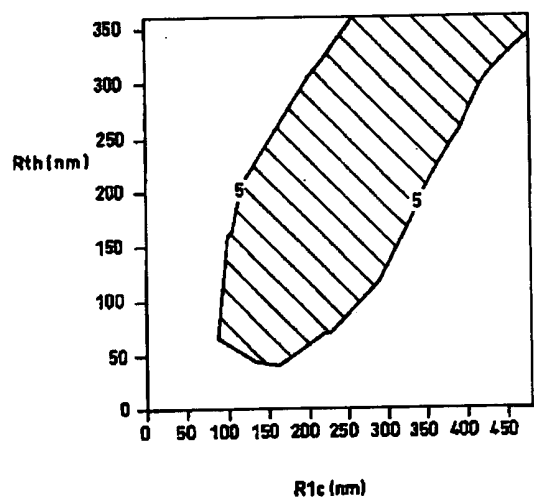
[Drawing 4]



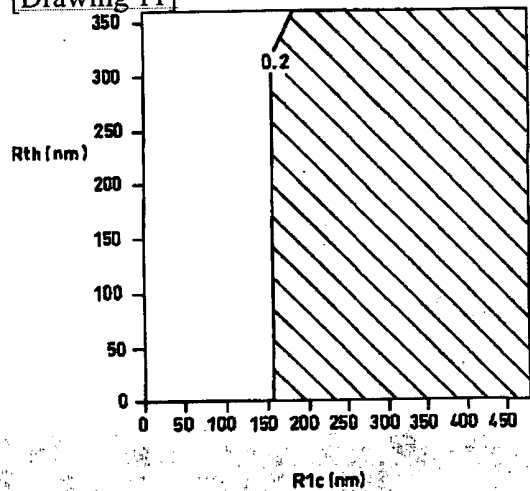
[Drawing 6]



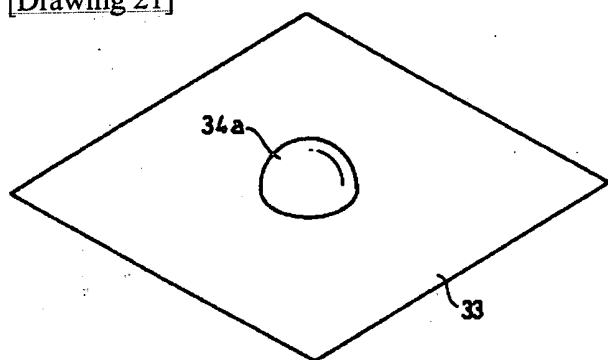
[Drawing 7]



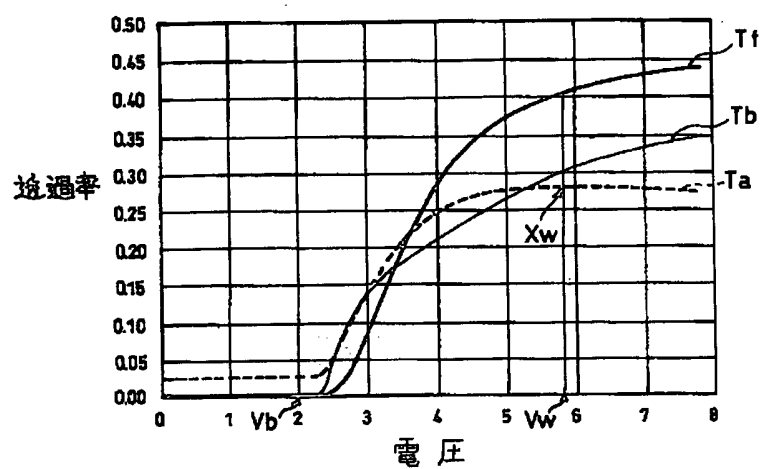
[Drawing 11]



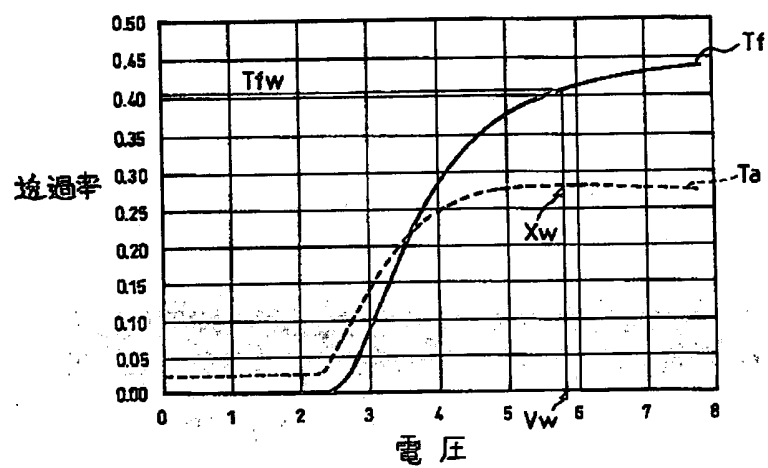
[Drawing 21]



[Drawing 5]

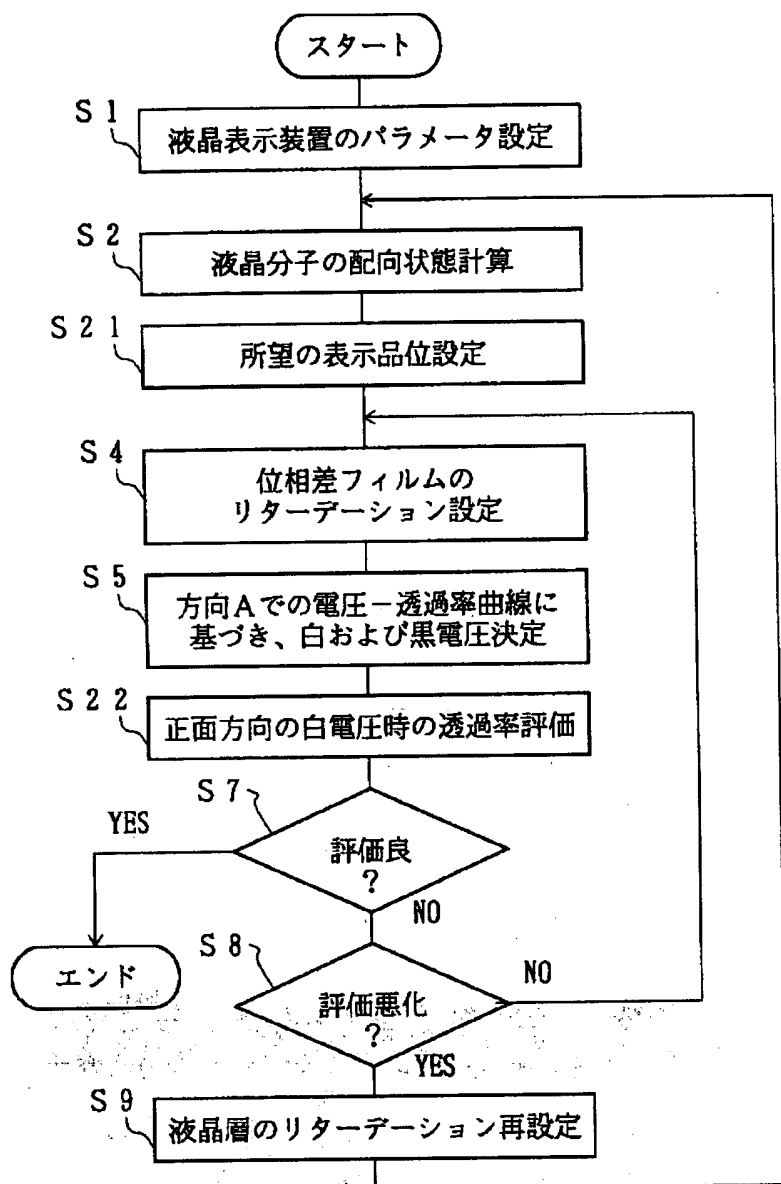


[Drawing 9]

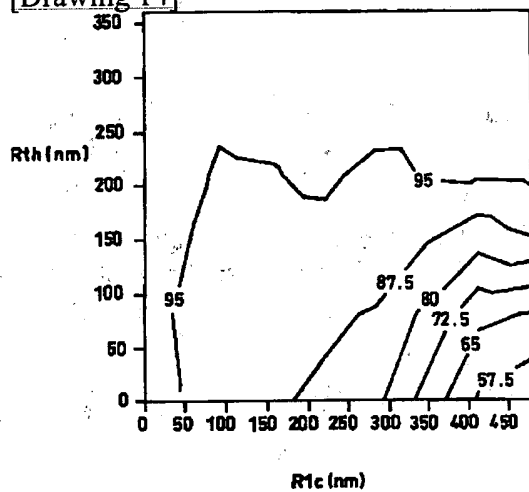


[Drawing 8]

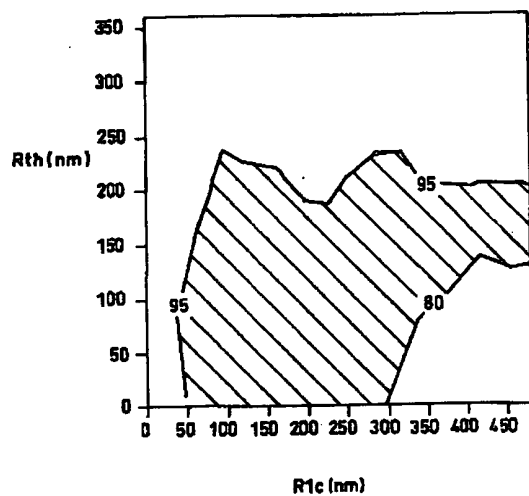




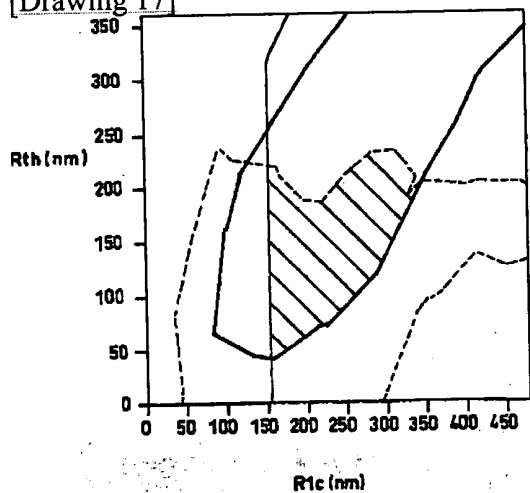
[Drawing 14]



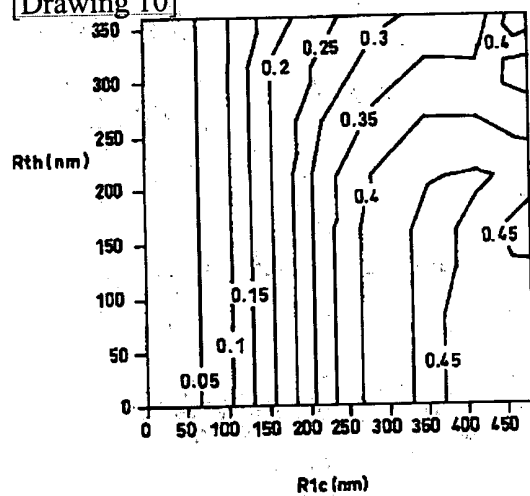
[Drawing 15]



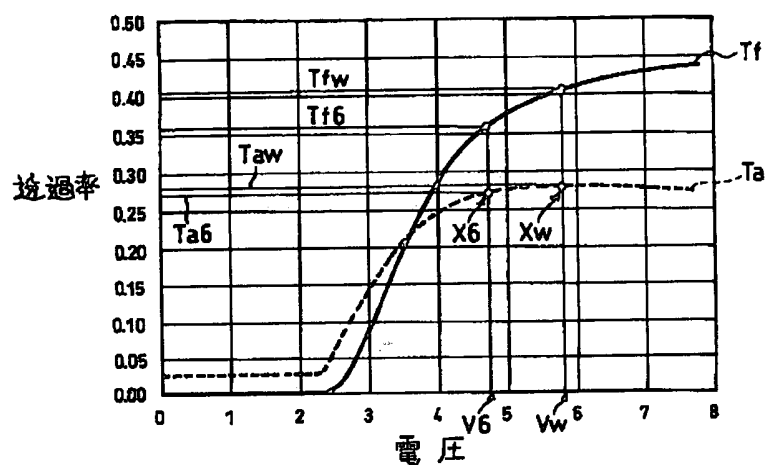
[Drawing 17]



[Drawing 10]

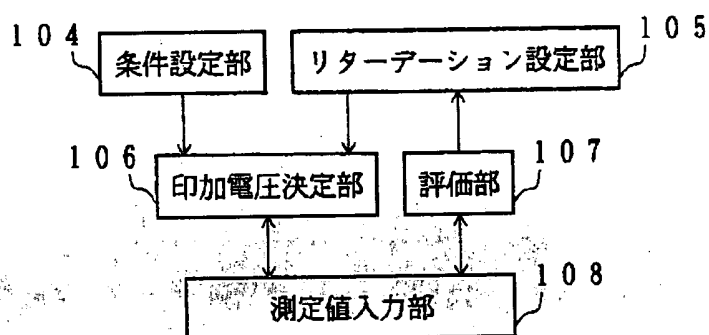


[Drawing 13]

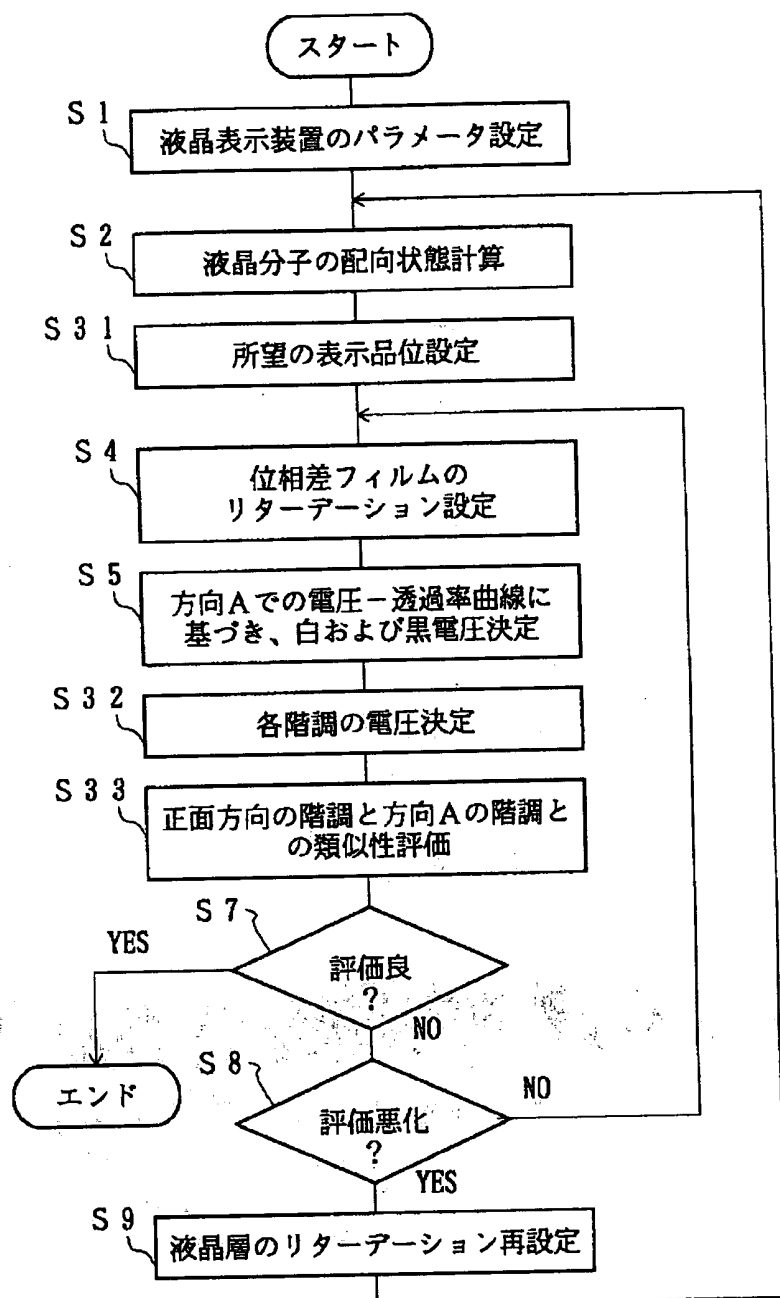


[Drawing 19]

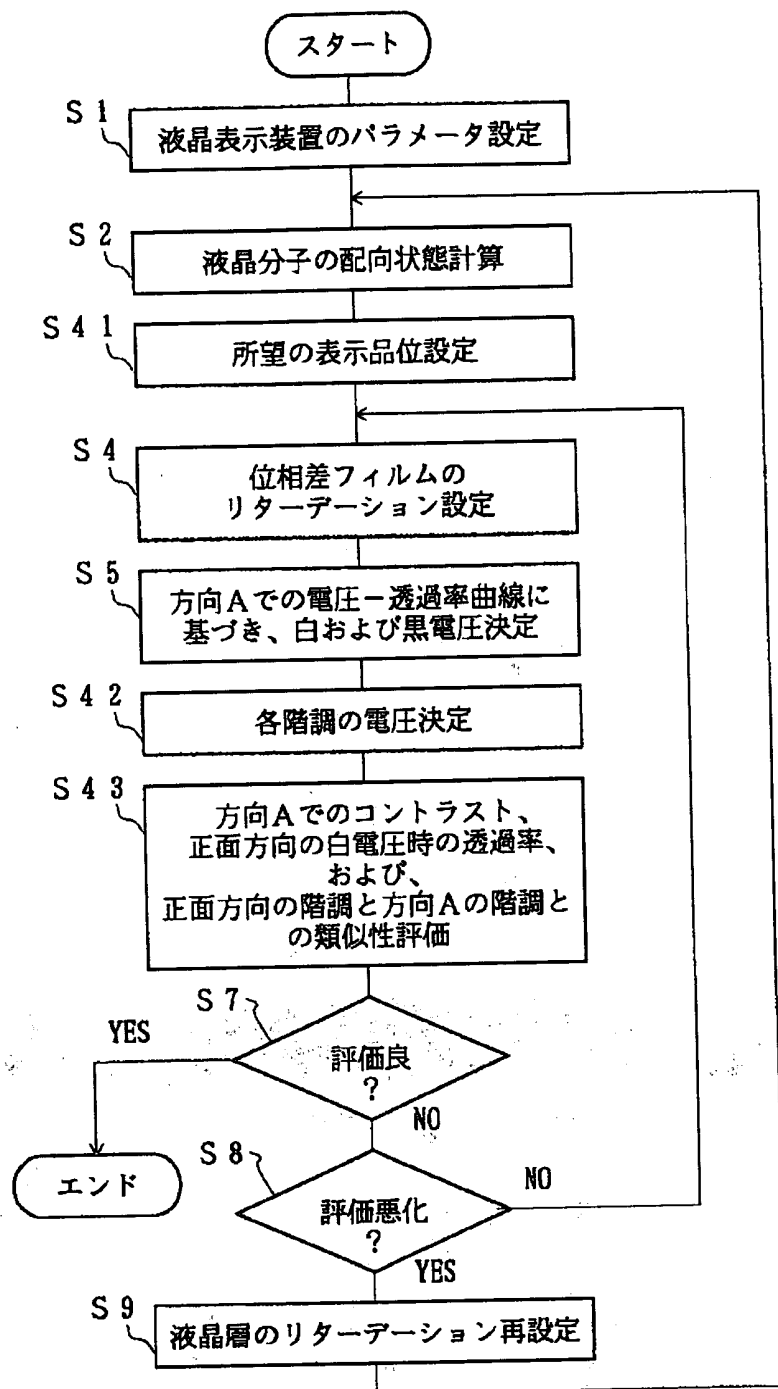
101a



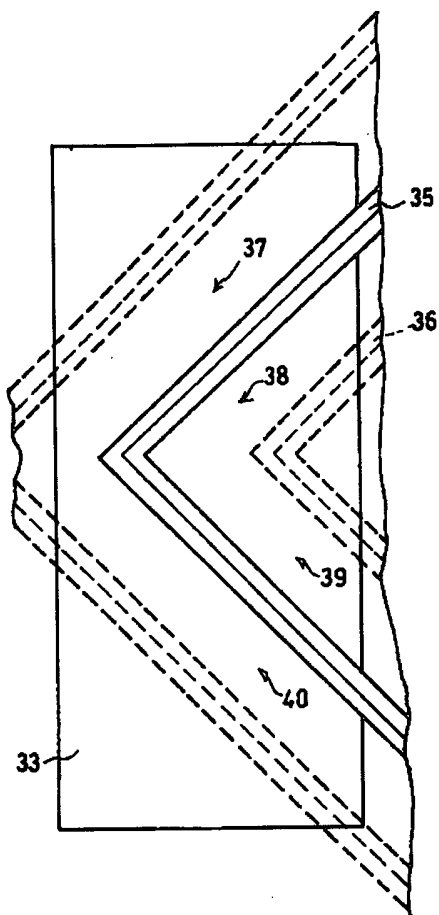
[Drawing 12]



[Drawing 16]



[Drawing 20]



[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-311948  
(P2001-311948A)

(43) 公開日 平成13年11月9日 (2001.11.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーム(参考)
G 0 2 F 1/13363		G 0 2 F 1/13363	2 H 0 9 0
1/1337	5 0 5	1/1337	5 0 5 2 H 0 9 1

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2000-128444(P2000-128444)

(22) 出願日 平成12年4月27日 (2000.4.27)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 宮地 弘一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 山原 基裕

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100080034

弁理士 原 寛三

Fターム(参考) 2H090 KA07 LA04 LA06 MA01 MA15

2H091 FA11X FA11Z GA11 HA09

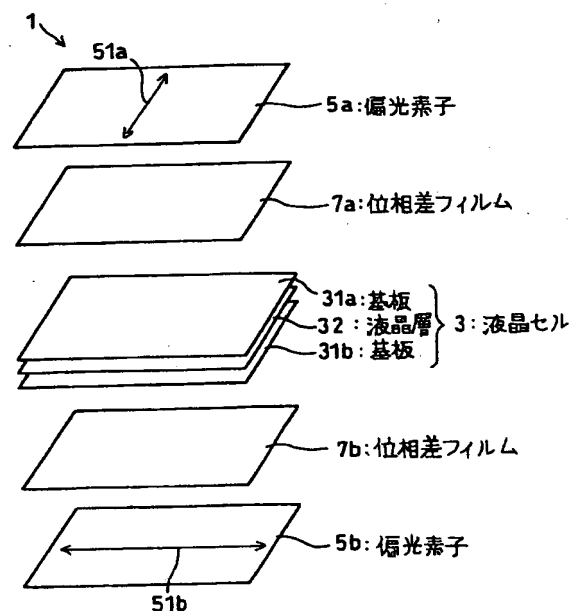
KA02 LA17 LA19

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置、並びに、そのリターデーション選択方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 垂直配向モードの液晶表示装置において、位相差フィルムと液晶層とのリターデーションが最適な値に設定された液晶表示装置、並びに、当該範囲を少ない手間で導出可能な方法および演算装置を提供する。

【解決手段】 液晶表示装置1において、液晶セル3のリターデーションと、位相差フィルム7a・7bのリターデーションとを適切な組み合わせに設定する際、ある組み合わせにおいて、所望とする視野角のうちで最も傾き、かつ、面内方向で、偏光素子5a・5bの吸収軸51a・51bと45度の角度となる方向Aでの電圧-透過率曲線Taを導出する。さらに、当該曲線Taの極大値となる電圧を白電圧Vwとして設定する。その後、当該白電圧Vwに基づいて、方向Aでのコントラストなどの表示品位を評価して、最適な組み合わせを導出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板表面に垂直配向膜が塗布され、負の誘電率異方性を有する液晶を含む液晶層と、液晶層の両側に配された偏光素子と、両偏光素子間に配された位相差フィルムとを有し、液晶分子が概ね基板に対して垂直に配向している状態に黒表示を行う液晶表示装置において、

上記位相差フィルムの厚さ方向のリターデーションの合計  $R_{th}$  と、上記液晶層のリターデーション  $R_{lc}$  とが、

$$R_{th} \leq R_{lc} + 150 \text{ nm}$$

$$R_{th} \geq 1.25 \cdot R_{lc} - 262.5 \text{ nm}$$

$$R_{lc} \geq 75 \text{ nm}$$

、および、

$$R_{th} \geq 30 \text{ nm}$$

を満たしていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 2】 上記位相差フィルムの厚さ方向のリターデーションの合計  $R_{th}$  と、上記液晶層のリターデーション  $R_{lc}$  とが、

$$R_{th} \leq 1.5 \cdot R_{lc} + 80 \text{ nm}$$

、かつ、

$$R_{lc} \geq 155 \text{ nm}$$

を満たしていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示装置。

【請求項 3】 基板表面に垂直配向膜が塗布され、負の誘電率異方性を有する液晶を含む液晶層と、液晶層の両側に配された偏光素子と、両偏光素子間に配された位相差フィルムとを有し、液晶分子が概ね基板に対して垂直に配向している状態に黒表示を行う液晶表示装置において、

上記位相差フィルムの厚さ方向のリターデーションの合計  $R_{th}$  と、上記液晶層のリターデーション  $R_{lc}$  とが、

$$R_{th} \leq 1.5 \cdot R_{lc} + 80 \text{ nm}$$

、かつ、

$$R_{lc} \geq 155 \text{ nm}$$

を満たしていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 4】 上記位相差フィルムの厚さ方向のリターデーションの合計  $R_{th}$  が、

$$R_{th} \leq 250 \text{ nm}$$

、かつ、

$$R_{lc} \geq 30 \text{ nm}$$

を満たしていることを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の液晶表示装置。

【請求項 5】 上記液晶層には、画素毎に液晶分子の応答方向が異なる複数の領域が設けられていることを特徴とする請求項 1、2、3 または 4 記載の液晶表示装置。

【請求項 6】 上記液晶層では、画素毎に液晶分子の応答方向が概ね軸対称に設定されていることを特徴とする請求項 1、2、3 または 4 記載の液晶表示装置。

【請求項 7】 上記軸対称配向の軸は、各画素毎に複数設けられていることを特徴とする請求項 6 記載の液晶表示装置。

【請求項 8】 基板表面に垂直配向膜が塗布され、負の誘電率異方性を有する液晶を含む液晶層と、液晶層の両側に配された偏光素子と、両偏光素子間に配された位相差フィルムとを有し、液晶分子が概ね基板に対して垂直に配向している状態に黒表示を行う液晶表示装置のリターデーション選択方法であって、

10 上記液晶層のリターデーションと位相差フィルムのリターデーションとの組み合わせを導出する際、所望の表示品位と、当該表示品位を確保したい視野角とを設定する条件設定工程と、

上記視野角のうち、上記基板の法線方向から最も傾き、かつ、上記基板の面内方位が、上記偏光素子の吸収軸と 45 度の角度をなす第 1 の方向における上記液晶表示装置の電圧-透過率特性を導出し、極大点を白電圧として決定する印加電圧決定工程と、

20 決定された白電圧に基づいて、表示品位が上記所望の表示品位を満足するか否かを判定する判定工程とを含んでいることを特徴とする液晶表示装置のリターデーション選択方法。

【請求項 9】 上記条件設定工程で設定される表示品位は、上記視野角内で維持すべき最低コントラストであり、

上記判定工程は、上記第 1 の方向におけるコントラストと上記最低コントラストとを比較して判定することを特徴とする請求項 8 記載の液晶表示装置のリターデーション選択方法。

30 【請求項 10】 上記条件設定工程で設定される表示品位は、上記基板の正面方向における白電圧印加時の透過率であることを特徴とする請求項 8 または 9 記載の液晶表示装置のリターデーション選択方法。

【請求項 11】 さらに、上記白電圧と、上記基板の正面方向における電圧-透過率特性とに基づいて、中間階調の印加電圧を決定する中間階調電圧決定工程を含み、上記条件設定工程で設定される表示品位は、上記正面方向における各階調電圧-透過率特性と、上記第 1 方向における各階調電圧-透過率特性との相似の程度であることを特徴とする請求項 8、9 または 10 記載の液晶表示装置のリターデーション選択方法。

40 【請求項 12】 基板表面に垂直配向膜が塗布され、負の誘電率異方性を有する液晶を含む液晶層と、液晶層の両側に配された偏光素子と、両偏光素子間に配された位相差フィルムとを有し、液晶分子が概ね基板に対して垂直に配向している状態に黒表示を行う液晶表示装置のリターデーション選択装置であって、

上記液晶層のリターデーションと位相差フィルムのリターデーションとの組み合わせを導出する際、所望の表示品位と、当該表示品位を確保したい視野角とを設定する

条件設定手段と、

上記視野角のうち、上記基板の法線方向から最も傾き、かつ、上記基板の面内方位が、上記偏光素子の吸収軸と45度の角度をなす第1の方向における上記液晶表示装置の電圧-透過率特性を導出し、極大点を白電圧として決定する印加電圧決定手段と、

決定された白電圧に基づいて、表示品位が上記所望の表示品位を満足するか否かを判定する判定手段とを備えていることを特徴とする液晶表示装置のリターデーション選択装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、垂直配向モードの液晶表示装置に関するものであり、位相差フィルムと液晶層とのリターデーションが最適な値に設定された液晶表示装置、並びに、当該範囲を少ない手間で導出可能なリターデーション選択方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】CRTに比べて消費電力や寸法を削減しやすい液晶表示装置は、例えば、ワードプロセッサやコンピュータあるいはテレビジョンの画面として、広く普及している。ここで、近年、TN方式に比べて表示のコントラストが高く、応答速度の速い方式として、負の誘電率異方性を有するネガ型液晶材料と、垂直方向の配向膜とを組み合わせたVA (Verticically Aligned) 方式の液晶表示装置が注目されている。

【0003】当該VA方式の液晶表示装置は、例えば、特開平11-258605号公報に開示されているように、液晶分子の旋光モードではなく、複屈折モードを利用するものであって、電圧無印加状態では、垂直に配向した液晶分子が殆ど複屈折性を示さず、黒表示になると共に、電圧印加時には、液晶分子が傾斜して、基板に略水平となり、大きな複屈折性を示して白表示になる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記構成の液晶表示装置では、複屈折モードで動作するため、視野角の拡大が難しく、位相差フィルムが設けられることが多い。ところが、視野角を拡大するためには、位相差フィルムのリターデーションと液晶層のリターデーションとを好適な値に設定する必要があるにも拘らず、リターデーションの適切な組み合わせの導出方法は確立されていないため、多くの計算量や測定数などが必要となってしまう。この結果、好適な値に設定された液晶表示装置を実現することが難しいという問題を生じる。

【0005】具体的には、実験で表示品位を測定する場合には、液晶表示装置を作成する必要があり、手間がかかる。一方、シミュレーションで算出する場合であっても、液晶分子の平衡状態を計算して、配向状態を算出する必要があるため、計算量が大きくなってしまふ。した

がって、好適な組み合わせを導出するために、無作為にリターデーションを設定し、任意の方向での実験/表示品位評価を繰り返したとすると、非常に大きな手間がかかってしまう。

【0006】また、液晶表示装置では、印加電圧によって、透過率が変化するが、電圧-透過率曲線は、線形でなく、視角によって大きく変化する。したがって、白表示時の印加電圧の設定によっても、視角特性が変化する。この結果、さらに、好適なリターデーション選定に必要な手間が多くなってしまふ。

【0007】本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、垂直配向モードの液晶表示装置において、位相差フィルムと液晶層とのリターデーションが最適な値に設定された液晶表示装置、並びに、当該範囲を少ない手間で導出可能なリターデーション選択方法および装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係る液晶表示装置は、上記課題を解決するために、基板表面に垂直配向膜が塗布され、負の誘電率異方性を有する液晶を含む液晶層と、液晶層の両側に配された偏光素子と、両偏光素子間に配された位相差フィルムとを有し、液晶分子が概ね基板に対して垂直に配向している状態に黒表示を行う液晶表示装置において、上記位相差フィルムの厚さ方向のリターデーションの合計 $R_{th}$ と、上記液晶層のリターデーション $R_{lc}$ とが、 $R_{th} \leq R_{lc} + 150 \text{ nm}$ 、 $R_{th} \geq 1.25 \cdot R_{lc} - 262.5 \text{ nm}$ 、 $R_{lc} \geq 75 \text{ nm}$ 、および、 $R_{th} \geq 30 \text{ nm}$ を満たしていることを特徴としている。

【0009】上記構成では、液晶層および位相差フィルムのリターデーション組み合わせについて上限および下限が設定されており、当該範囲に設定すれば、基板の法線方向から60度傾いた方向までの視角範囲全般において、階調反転することなく、コントラスト5以上を維持できる。この結果、斜め視角の表示品位の良好な液晶表示装置を確実に実現できる。

【0010】上記構成の液晶表示装置は、さらに、上記位相差フィルムの厚さ方向のリターデーションの合計 $R_{th}$ と、上記液晶層のリターデーション $R_{lc}$ とが、 $R_{th} \leq 1.5 \cdot R_{lc} + 80 \text{ nm}$ 、かつ、 $R_{lc} \geq 155 \text{ nm}$ を満たしている方が好ましい。

【0011】当該構成によれば、液晶表示装置の正面方向の透過率を空気の透過率の0.2倍以上に保つことができる。この結果、正面方向の輝度、コントラストを損なうことなく、斜め視角の表示品位が良好な液晶表示装置を確実に実現できる。

【0012】また、本発明に係る液晶表示装置は、上記課題を解決するために、基板表面に垂直配向膜が塗布され、負の誘電率異方性を有する液晶を含む液晶層と、液晶層の両側に配された偏光素子と、両偏光素子間に配さ

れた位相差フィルムとを有し、液晶分子が概ね基板に対して垂直に配向している状態に黒表示を行う液晶表示装置において、上記位相差フィルムの厚さ方向のリターデーションの合計  $R_{th}$  と、上記液晶層のリターデーション  $R_{lc}$  とが、 $R_{th} \leq 1.5 \cdot R_{lc} + 80 \text{ nm}$ 、かつ、 $R_{lc} \geq 155 \text{ nm}$ を満たしていることを特徴としている。

【0013】上記構成でも、液晶層および位相差フィルムのリターデーション組み合わせについて上限および下限が設定されており、当該範囲に設定すれば、基板の法線方向から60度傾いた方向までの視角範囲全般において、階調反転することなく、しかも、正面方向の透過率を空気の透過率の0.2倍以上に保つことができる。この結果、正面方向の輝度、コントラストを損なうことなく、斜め視角の表示品位が良好な液晶表示装置を確実に実現できる。

【0014】さらに、上記各構成の液晶表示装置は、上記位相差フィルムの厚さ方向のリターデーションの合計  $R_{th}$  が、 $R_{th} \leq 250 \text{ nm}$ 、かつ、 $R_{lc} \geq 30 \text{ nm}$ を満たしている方が望ましい。

【0015】当該構成によれば、基板の法線方向から60度傾いた方向までの視角範囲全般において、正面方向における電圧-透過率特性と概ね相似した電圧-透過率特性を保つことができる。この結果、液晶表示装置に表示される画像は、上記視角範囲のいずれの方向から見ても、各階調間の明るさの比率が概ね同様の値になり、斜め視角の階調特性が良好な液晶表示装置を実現できる。

【0016】また、上記各構成の液晶表示装置において、上記液晶層には、画素毎に液晶分子の応答方向が異なる複数の領域が設けられていてもよい。さらに、上記液晶層では、画素毎に液晶分子の応答方向が概ね軸対称に設定されていてもよい。加えて、上記軸対称配向の軸は、各画素毎に複数設けられていてもよい。これらの構成によれば、画素の配向分割によって、互いの領域が光学補償しあうので、より斜め視角の表示品位が良好な液晶表示装置を実現できる。

【0017】一方、本発明に係る液晶表示装置のリターデーション選択方法は、基板表面に垂直配向膜が塗布され、負の誘電率異方性を有する液晶を含む液晶層と、液晶層の両側に配された偏光素子と、両偏光素子間に配された位相差フィルムとを有し、液晶分子が概ね基板に対して垂直に配向している状態に黒表示を行う液晶表示装置のリターデーション選択方法であって、上記課題を解決するために、上記液晶層のリターデーションと位相差フィルムのリターデーションとの組み合わせを導出する際、所望の表示品位と、当該表示品位を確保したい視野角とを設定する条件設定工程と、上記視野角のうち、上記基板の法線方向から最も傾き、かつ、上記基板の面内方位が、上記偏光素子の吸収軸と45度の角度をなす第1の方向における上記液晶表示装置の電圧-透過率特性

を導出し、極大点を白電圧として決定する印加電圧決定工程と、決定された白電圧に基づいて、表示品位が上記所望の表示品位を満足するかどうかを判定する判定工程とを含んでいることを特徴としている。なお、例えば、電圧-透過率特性など、液晶表示装置の特性は、シミュレーションによって算出してもよいし、実験して導出してもよい。

【0018】上記構成では、所望の視野角と、偏光素子の吸収軸の方向とに基づいて、表示品位が最も悪い第1の方向を決定し、当該第1の方向の電圧-透過率曲線の極大値を白電圧として決定する。これにより、例えば、所定の電圧を白電圧として決定したり、他の方向の透過率に基づいて白電圧を決定する場合などに比べて、より少ない計算量または測定量で、上記視野角内で階調反転しない範囲で最も高く白電圧を設定できる。この結果、視野角内で階調反転せず、しかも、最も表示品位の高いリターデーションの組み合わせを、比較的少ない手間で導出できる。

【0019】また、上記構成において、上記条件設定工程で設定される表示品位は、上記視野角内で維持すべき最低コントラストであり、上記判定工程は、上記第1の方向におけるコントラストと上記最低コントラストとを比較して判定してもよい。

【0020】当該構成によれば、上記視野角内で最も表示品位の悪い第1の方向のコントラストが所望の条件を満たす組み合わせを導出できる。したがって、上記視野角内全域で、少なくとも上記最低コントラストを確保可能なリターデーション組み合わせを比較的少ない手間で導出できる。

【0021】さらに、上記各構成において、上記条件設定工程で設定される表示品位は、上記基板の正面方向における白電圧印加時の透過率であってもよい。当該構成によれば、正面方向の輝度およびコントラストが良好な液晶表示装置を実現するためのリターデーション組み合わせを導出できる。

【0022】また、上記各構成において、さらに、上記白電圧と、上記基板の正面方向における電圧-透過率特性とに基づいて、中間階調の印加電圧を決定する中間階調電圧決定工程を含み、上記条件設定工程で設定される表示品位は、上記正面方向における各階調電圧-透過率特性と、上記第1方向における各階調電圧-透過率特性との相似の程度であってもよい。

【0023】上記構成では、上記印加電圧決定工程で決められた白電圧に基づいて、中間階調電圧を決定した後、第1の方向と正面方向と階調電圧-透過率特性の相似の程度を判定する。この結果、液晶表示装置に表示される画像を上記視野角内のいずれの方向から見た場合であっても、各階調間の明るさの比率が類似するような、リターデーション組み合わせを、比較的少ない手間で導出できる。

【0024】また、本発明に係る液晶表示装置のリターデーション選択装置は、基板表面に垂直配向膜が塗布され、負の誘電率異方性を有する液晶を含む液晶層と、液晶層の両側に配された偏光素子と、両偏光素子間に配された位相差フィルムとを有し、液晶分子が概ね基板に対して垂直に配向している状態に黒表示を行う液晶表示装置のリターデーション選択装置であって、上記課題を解決するために、上記液晶層のリターデーションと位相差フィルムのリターデーションとの組み合わせを導出する際、所望の表示品位と、当該表示品位を確保したい視野角とを設定する条件設定手段と、上記視野角のうち、上記基板の法線方向から最も傾き、かつ、上記基板の面内方位が、上記偏光素子の吸収軸と45度の角度をなす第1の方向における上記液晶表示装置の電圧-透過率特性を導出し、極大点を白電圧として決定する印加電圧決定手段と、決定された白電圧に基づいて、表示品位が上記所望の表示品位を満足するか否かを判定する判定手段とを備えていることを特徴としている。なお、上記印加電圧決定手段および判定手段は、シミュレーションによって、液晶表示装置の特性を算出してもよいし、実験結果の入力に基づいて液晶表示装置の特性を導出してもよい。

【0025】上記リターデーション選択装置は、上述のリターデーション選択方法で液晶層のリターデーションと位相差フィルムのリターデーションとの組み合わせを導出するので、例えば、所定の電圧を白電圧として決定したり、他の方向の透過率に基づいて白電圧を決定する場合などに比べて、より少ない計算量または測定量で、上記視野角内で階調反転しない範囲で最も高く白電圧を設定できる。この結果、視野角内で階調反転せず、しかも、最も表示品位の高いリターデーションの組み合わせを、比較的少ない手間で導出できる。

【0026】

【発明の実施の形態】〔第1の実施形態〕本発明の一実施形態について図1ないし図7に基づいて説明すると以下の通りである。すなわち、本実施形態に係る液晶表示装置1は、図1に示すように、基板31a・31bで挟持された液晶層32を含む液晶セル3と、液晶セル3の両側に配された偏光素子5a・5bと、液晶セル3と偏光素子5aとの間、および液晶セル3と偏光素子5bとの間に、それぞれ配された負フィルムの位相差フィルム7a・7bとを備えている。

【0027】上記両偏光素子5a・5bの吸収軸51a・51bの方向は、直交するように設定されている。また、位相差フィルム7a・7bの遅相軸の向き（面内方向）は、偏光素子5a・5bの吸収軸51a・51bに対して45度になるように設定されている。

【0028】一方、上記液晶セル3は、垂直配向（VA）方式の液晶セルであって、薄膜トランジスタ（TFT）と画素電極33（後述）とをマトリクス状に配列し

たTFT基板（基板31a・31bの一方）と、対向電極を有するカラーフィルター（CF）基板（基板31a・31bの他方）とに、図示しない垂直配向膜を印刷し、両基板31a・31bを貼り合わせると共に、両基板31a・31bの隙間に負の誘電率異方性を有する液晶層32を封入して作成する。これにより、電圧無印加時には、液晶層32の液晶分子が略垂直に配向すると共に、電圧印加時には、液晶分子が傾斜して水平に配向できる。さらに、本実施形態に係る液晶セル3では、図2に示すように、一方の基板31a（31b）に設けられた各画素電極33に、略四角錐状の突起34が形成されている。上記突起34は、各斜面の方向、より詳細には、各斜面に垂直な方向を基板31a・32aの面内に投影した方向が、上記偏光素子5a・5bの吸収軸51a・51bと45度の角度をなすように設定されており、突起34の近傍では、液晶分子が各斜面に垂直になるように配向する。加えて、電圧印加時において、突起34の部分の電界は、突起34の斜面に平行になる方向に傾く。これらの結果、電圧印加時に液晶分子が傾斜する際、面内方向では、吸収軸51a・51bに対して45度方向に傾きやすくなっている。なお、上記各突起34は、上記TFT基板上に、光感応性樹脂を塗布し、フォトリソグラフィ工程で加工することで形成できる。

【0029】上記構成の液晶表示装置1において、液晶層32の液晶分子は、電圧無印加時には、突起34近傍の少数分子を除いて、基板31a（31a）の表面に対して、略垂直に配向し、液晶層32が殆ど複屈折性を持たない。この結果、良好な黒表示が得られる。一方、画素電極33に電極を印加した場合、画素電極33に対応する画素の液晶分子は、面内方向で吸収軸51a・51bと45度の角度をなすように傾斜して、基板31a・31bの表面に対して略水平に配向する。この結果、液晶層32が強い複屈折性を持ち、当該画素が白表示になる。

【0030】また、中間階調の電圧が印加された場合、当該画素の液晶分子は、基板31a・31bと水平にならないので、液晶表示装置1の使用者（観察者）が、液晶分子の長軸方向から見ると、黒表示に見えてしまう。ところが、本実施形態では、1画素が各斜面に対応して複数（この例では4つ）に配向分割されているため、当該画素のうち、液晶分子が他の方向に配向している部分からの透過光が、上記方向の使用者に伝えられる。この結果、配向分割していない場合に比べて、より広い視角から、中間階調を識別できる。

【0031】ここで、斜め視角からの表示品位は、上記両位相差フィルム7a・7bのリターデーションの合計Rthと、液晶セル3のリターデーションRicとに応じて大きく変動するため、良好な表示品位を持った液晶表示装置1を実現するためには、これらの値を適切な値に選定する必要がある。ところが、上述したように、好

適な組み合わせを導出するために、無作為にリターデーションを設定し、任意の方向での実験／表示品位評価を繰り返したとすると、非常に大きな手間がかかってしまう。

【0032】本実施形態では、液晶表示装置1の構造と視野角 $\alpha$ とから決定される方向Aでの電圧-透過率曲線Taに基づいて、白電圧Vwを決定し、表示品位が所望の条件を満たすか否かを判定することによって、大きな手間をかけることなく、特に、斜め視角時に高いコントラストが得られる数値範囲を見出した。

【0033】ここで、本実施形態では、液晶表示装置1の特性をシミュレーションで求めており、以下の各ステップは、例えば、図3に示す演算装置（リターデーション選択装置）101によって実施される。当該演算装置101には、指定された電圧が印加された液晶表示装置1の任意の角度における透過率をシミュレーションによって導出するシミュレーション処理部102と、シミュレーションに必要なパラメータを記憶するパラメータ記憶部103と、視野角 $\alpha$ やコントラストなど所望の条件を設定する条件設定部（条件選択手段）104と、リターデーションRthおよびRlcを選択するリターデーション設定部105と、上記シミュレーション処理部102を制御して、上記リターデーションRth・Rlcを有する液晶表示装置1が所望の視野角 $\alpha$ 内で階調反転しない範囲の白電圧および黒電圧を導出する印加電圧決定部（印加電圧決定手段）106と、上記シミュレーション処理部102を制御して当該電圧が印加される液晶表示装置1のコントラストを評価する評価部（判定手段）107とが設けられている。なお、上記各部材102～107は、例えば、CPUなどの演算部がROMやRAMなどの記憶部に格納されたプログラムを実行することで実現される機能ブロックであり、演算部や記憶部を有するコンピュータが、上記プログラムを記録した記\*

$$Rth = dth \cdot \{ (n1 + n2) / 2 - n3 \} \\ = dth \cdot (n1 - n3)$$

となる。なお、上式（1）において、dthは、位相差フィルム7a・7bのフィルム厚の合計である。一方、※

$$Rlc = dlc \cdot \Delta n$$

であり、リターデーションRlcの初期値（例えば、10nm）は、複屈折率 $\Delta n$ と、上記S1で設定した液晶セル3のセル厚dlcと、複屈折率 $\Delta n$ とに基づいて導出される。なお、リターデーションRlcおよびRthとして設定可能な値であれば、先にリターデーションRlc、Rthを設定し、上記式（1）、式（2）に基づいて、厚みdlc、dthを逆算してもよい。

【0036】上記S1およびS4にて、リターデーションRlcおよびRthの初期値が設定されると、S5において、印加電圧決定部106は、最も表示品位の悪い方向（方向A）として、面内方向で偏光素子5a・5bの吸収軸51a・51bと45度をなし、かつ、上記S

\*録媒体から読み出したり、通信路を介して伝送するなどして、上記プログラムを取得し、実行することによって、当該コンピュータは、演算装置101として動作できる。

【0034】上記構成の演算装置101では、図4に示すステップ1（以下では、S1のように略称する）において、例えば、使用者の指示などに基づいて、任意の電圧が印加した場合の任意方向における液晶表示装置1の透過率を導出するためのパラメータがパラメータ記憶部103に設定される。当該パラメータには、液晶のパラメータとして、例えば、弾性定数、誘電率、屈折率およびヘリカルピッチなどが含まれる。また、上記パラメータには、液晶セル3のパラメータとして、例えば、セル厚、アンカリングエネルギー、プレチルト角、並びに、セル構造を示すパラメータなどが含まれる。上記S1にて、パラメータが設定されると、演算装置101のシミュレーション処理部102は、S2において、上記パラメータに基づき、各電圧における平衡状態を計算し、各電圧での液晶分子の配向状態を計算する。

【0035】一方、条件設定部104は、S3において、例えば、使用者の指示などに基づいて、所望の視野角 $\alpha$ （例えば、60度）と、最小限必要なコントラスト（例えば、5）とを入力する。さらに、S4では、リターデーション設定部105が、例えば、位相差フィルム7a・7bを形成する屈折率楕円体およびフィルム厚などに基づいて、位相差フィルム7a・7bのリターデーションRthの初期値（例えば、10nm）を設定する。具体的には、位相差フィルム7a・7bは、負フィルムであり、面内の屈折率をn1およびn2として、法線方向の屈折率をn3としたとき、n1=n2>n3に設定されているので、位相差フィルム7a・7bのリターデーションRthは、以下の式（1）に示すように、

※液晶セル3のリターデーションRlcは、以下の式（2）に示すように、

$$\dots (2)$$

3にて決定された最大視角（例えば、基板31a・31bの表面の法線方向とのなす角度が60度）の方向を選択する。さらに、印加電圧決定部106は、シミュレーション処理部102を制御して、図5中、破線に示すように、当該方向Aにおける電圧-透過率曲線Taを導出し、透過率が極大（Xw点）となる電圧を白電圧Vwとして設定する。また、透過率の最小となる電圧を黒電圧Vbとして設定する。

【0037】ここで、上記方向Aは、面内で、上記吸収軸51a・51bと45度をなす角度であり、上記S3にて設定された視野角 $\alpha$ の中で、法線方向から最も離れている。この結果、図5に示すように、正面方向の電圧



一透過率曲線  $T_f$  や、面内方向が吸収軸  $51a \cdot 51b$  と平行で最大視角の方向  $B$  における電圧-透過率曲線  $T_b$  に比べて、表示品位が悪く、透過率の変動範囲が狭いだけでなく、透過率の極大値が存在し、透過率が単調増加する範囲も狭くなっている。したがって、仮に、上記極大値となる電圧を超えた電圧も印加するように設定すると、上記方向  $A$  では、階調反転が発生し、表示画像において、他の方向と明暗が逆転する箇所が出現してしまう。なお、同図では、透過率を空気の透過率を 1 倍とする値で示している。また、電圧の単位は、 $[V]$  である。

【0038】ところが、上記  $S5$  では、方向  $A$  において、透過率が単調増加する範囲のうち、最も高い電圧を白電圧 ( $V_w$ ) として設定する。この結果、例えば、所定の電圧を白電圧として決定したり、他の方向の透過率に基づいて白電圧を決定する場合などに比べて、より少ない計算量で、上記  $S3$  で設定した視野角  $\alpha$  内で階調反転しない範囲で最も高く、白電圧を設定できる。

【0039】上記  $S5$  にて、白電圧  $V_w$  および黒電圧  $V_b$  が決定されると、評価部 107 は、シミュレーション処理部 102 を制御して、 $S6$  において、当該電圧が印加された場合の液晶表示装置 1 の表示品位を評価し、 $S7$  において、良好な視角特性が得られたか否かを判定する。

【0040】本実施形態では、コントラストの最小値が、予め設定された値 (例えば 5) 以上であるか否かで、液晶表示装置 1 の表示品位を評価しており、評価部 107 は、コントラストの最小値として、上記方向  $A$  において、白電圧  $V_w$  印加時の透過率  $T_{aw}$  と黒電圧  $V_b$  印加時の透過率  $T_{ab}$  との比率を算出し、当該値が上記設定値以上であるか否かで表示品位を評価する。なお、両透過率  $T_{aw}$ 、 $T_{ab}$  は、上記  $S4$  にて、電圧-透過率曲線  $T_a$  を導出する際に導出されているので、少ない計算量でコントラストの最小値を算出できる。

【0041】上記  $S7$  の判定で良好な視角特性が得られた場合は、リターデーション  $R_{lc}$ 、 $R_{th}$  の組み合わせが適切なので、演算装置 101 は、最適化を終了する。一方、良好な視角特性が得られなかった場合 (上記  $S7$  にて、 $N0$  の場合)、評価部 107 は、 $S8$  において、現在設定されている液晶セル 3 のリターデーション  $R_{lc}$  で、これまでにリターデーション  $R_{th}$  を変更したときの表示品位の変動履歴に基づいて、リターデーション  $R_{th}$  をさらに大きくすると特性が悪化するか否かを推定し、上記リターデーション  $R_{lc}$  を変更する必要があるか否かを判定する。例えば、上記表示品位の変動\*

\*の履歴から現在のリターデーション  $R_{th}$  が極大と判断される場合、評価部 107 は、 $S9$  において、例えば、パラメータ記憶部 103 の値を変更するなどして、液晶セル 3 のセル厚や屈折率を変化させ、液晶セル 3 のリターデーション  $R_{lc}$  を、例えば、 $10nm$  ずつなど、所定の値刻みで変更する。その後は、上記  $S2$  以降の処理が繰り返される。一方、リターデーション  $R_{th}$  を増加させても、表示品位が低下しないと推定される場合 (上記  $S8$  にて、 $N0$  の場合)、評価部 107 は、上記  $S4$  以降を繰り返し、リターデーション設定部 105 は、例えば、 $10nm$  ずつなど、位相差フィルム  $7a \cdot 7b$  のリターデーション  $R_{th}$  を所定の値刻みで増加させて、表示品位を再評価する。

【0042】上記構成では、偏光素子  $5a \cdot 5b$  の吸収軸  $51a \cdot 51b$  と、所望の視野角  $\alpha$  とにより決定される特定の方向  $A$  における電圧-透過率曲線  $T_a$  に基づいて、白および黒電圧が決定される。この結果、例えば、所定の電圧を白電圧として決定したり、他の方向の透過率に基づいて白電圧を決定する場合などに比べて、より少ない計算量で、上記視野角  $\alpha$  内で階調反転しない範囲で最も高く、白電圧を設定できる。したがって、より少ない労力で、所望の視野角  $\alpha$  内で階調反転せず、しかも、最も透過率が高い (最も明るい) 液晶表示装置 1 を製造できる。

【0043】なお、図 4 のフローチャートでは、良好な視角特性が得られた時点で検索を打ち切っているが、良好な視角特性が得られた後もリターデーション  $R_{lc}$ 、 $R_{th}$  を変化させて、良好な視角特性が得られる範囲を算出すると、図 6 および図 7 のようになる。この場合でも、リターデーション  $R_{lc}$ 、 $R_{th}$  の各組み合わせにおいて、視野角  $\alpha$  内で階調しない範囲で最も明るくなるように、白電圧を設定した状態で視角特性を判定するので、各組み合わせ毎の実験や計算量を削減できる。

【0044】ここで、図 6 の各線は、上記  $S3$  で条件として設定される最低コントラストを 2.5~12.5 まで 2.5 刻みで変化させた場合のそれぞれにおいて、最低コントラストを達成可能なリターデーション  $R_{lc}$ 、 $R_{th}$  の範囲を示す等高線である。上記のうち、実用的な使用に何ら問題がない値として、コントラスト 5 を選択すると、図 7 の範囲となる。同図を詳細に検討すると、視角  $60$  度までの範囲で階調反転せず、しかも、当該範囲内で少なくともコントラスト 5 を維持するためには、液晶セル 3 のリターデーション  $R_{lc}$  と、位相差フィルム  $7a \cdot 7b$  のリターデーションの合計  $R_{th}$  は、以下に示すように、

$$R_{th} \leq R_{lc} + 150nm \quad \dots (3)$$

$$R_{th} \geq 1.25 \cdot R_{lc} - 262.5nm \quad \dots (4)$$

$$R_{lc} \geq 75nm \quad \dots (5)$$

$$R_{th} \geq 30nm \quad \dots (6)$$

を満足する必要があることがわかる。

50 【0045】したがって、液晶表示装置 1 を製造する

際、上記の式(3)～式(6)を満足するように、液晶セル3および位相差フィルム7a・7bのリターデーション $R_{lc}$ 、 $R_{th}$ を設定すれば、斜め視角においても良好なコントラストを確保できる。

【0046】〔第2の実施形態〕ところで、第1の実施形態では、所望の視野角 $\alpha$ 範囲内で所望のコントラストを維持できるか否かによって、液晶表示装置の表示品位を判定した。これに対して、本実施形態では、液晶表示装置の正面方向の輝度およびコントラストに影響する正面方向の白電圧時の透過率に基づいて、表示品位を判定する場合について説明する。

【0047】すなわち、本実施形態では、図8に示すように、図4に示すS3に代えて設けられたS21において、条件設定部104は、良好な視角特性の条件として、正面方向の透過率(例えば、空気の透過率を1倍としたときの0.2倍など)を設定する。また、S6に代えて設けられたS22において、評価部107は、シミュレーション処理部102を制御して、上記S5で決定された白電圧 $V_w$ を印加した場合の正面方向の透過率 $T_{fw}$ を導出し、当該透過率 $T_{fw}$ が上記S21で設定された値以上か否かを評価する。例えば、図9に示す例では、上記S5で決定された白電圧 $V_w$ から、正面方向の透過率 $T_{fw}$ が0.4001程度であり、上記条件を満

$$R_{th} \leq 1.5 \cdot R_{lc} + 80 \text{ nm} \quad \dots (7)$$

$$R_{lc} \geq 155 \text{ nm} \quad \dots (8)$$

を満足する必要があることがわかる。

【0049】したがって、液晶表示装置1を製造する際、上記の式(7)および式(8)を満足するように、液晶セル3および位相差フィルム7a・7bのリターデーション $R_{lc}$ 、 $R_{th}$ を設定すれば、正面の輝度およびコントラストを損なわずに、斜め視角の階調反転を抑制できる。

【0050】〔第3の実施形態〕ところで、液晶表示装置1が階調表示する場合、各階調の輝度の比率は、視聴者の視角に拘らず、互いに同一に保たれている方が好ましい。本実施形態では、所望の視野角範囲内で、階調表示時にも良好な表示品位を確保するため、さらに他の評価基準として、各階調 $n$ における方向Aの透過率 $T_{an}$ と、正面方向の透過率 $T_{fn}$ との比率が所定の範囲内であるか否かに基づいて表示品位を判定する場合について説明する。

【0051】すなわち、本実施形態では、図12に示すように、図4に示すS3に代えて設けられたS31において、条件設定部104は、良好な視角特性の条件として、各階調 $n$ における方向Aの透過率 $T_{an}$ と、正面方向の透過率 $T_{fn}$ とが満足すべき比率を設定する。なお、比率自体を設定してもよいが、本実施形態では、方向Aにおける透過率 $T_{an}$ の範囲を設定する。具体的には、例えば、8階調の場合、すなわち、黒が第0階調で、白が第7階調の場合において、正面方向における白

\*たしていることが判る。なお、上記透過率は、空気の透過率を1倍とした値である。また、この場合でも、第1の実施形態と同様に、方向Aの電圧-透過率曲線 $T_a$ に基づいて白電圧 $V_w$ が決定される。したがって、より少ない労力で、所望の視野角 $\alpha$ 内で階調反転せず、しかも、最も透過率が高く(明るく)なるように、液晶表示装置1のパラメータを設定できる。

【0048】ここで、図6および図7と同様に、良好な視角特性が得られた後もリターデーション $R_{lc}$ 、 $R_{th}$ を変化させて、良好な視角特性が得られる範囲を算出すると、図10および図11のようになる。図10において、各線は、上記S21で条件として設定される正面方向の白電圧時の透過率 $T_{fw}$ を0.05～0.45まで0.05刻みに変化させた場合のそれぞれにおいて、当該透過率を達成可能なリターデーション $R_{lc}$ 、 $R_{th}$ の範囲を示す等高線である。上記のうち、実用的な使用に何ら問題がない値として、正面方向の白電圧時の透過率 $T_{fw}=0.2$ を選択すると、図11の範囲となる。同図を詳細に検討すると、視角60度までの範囲で階調反転せず、しかも、正面方向の白電圧時の透過率 $T_{fw}$ を0.2以上にするためには、液晶セル3のリターデーション $R_{lc}$ と、位相差フィルム7a・7bのリターデーションの合計 $R_{th}$ は、以下に示すように、

$$R_{th} \leq 1.5 \cdot R_{lc} + 80 \text{ nm} \quad \dots (7)$$

$$R_{lc} \geq 155 \text{ nm} \quad \dots (8)$$

電圧時の透過率 $T_{fw}$ を100%として正規化すると、正面方向における第6階調の透過率 $T_{f6}$ は、6/7、すなわち、約85.7%となる。この場合、良好な視角特性の条件として、方向Aにおける第6階調の透過率 $T_{a6}$ は、方向Aにおける白電圧時の透過率 $T_{aw}$ を100%として、例えば、80%～95%の範囲に設定される。

【0052】また、本実施形態では、上述のS5にて、白電圧 $V_w$ および黒電圧 $V_b$ を設定した後、印加電圧決定部106は、S32において、シミュレーション処理部102を制御して、白電圧 $V_w$ における正面方向の透過率 $T_{fw}$ と、黒電圧 $V_b$ における正面方向の透過率 $T_{fb}$ とに基づいて、各階調における正面方向の透過率 $T_{fn}$ を算出する。さらに、正面方向の電圧-透過率曲線 $T_f$ から、各階調毎に、各透過率 $T_{fn}$ となる印加電圧を決定する。上述のように、8階調の場合を例にすると、正面方向における第6階調の透過率 $T_{f6}$ は、白電圧時の透過率 $T_{fw}$ の約85.7%になるので、図13に示す正面方向の電圧-透過率曲線 $T_f$ 上において、透過率 $T_{f6}$ の点X6に対応する電圧 $V_6$ が、第6階調の印加電圧 $V_6$ として設定される。

【0053】さらに、各階調の印加電圧が決定されると、S6に代えて設けられたS33において、評価部107は、シミュレーション処理部102を制御して、上記S32で決定された各印加電圧における方向Aの透

率  $T_{an}$  を導出し、当該透過率  $T_{an}$  が、上記  $S31$  で設定された範囲内か否かを判定する。なお、この場合でも、第1の実施形態と同様に、方向Aの電圧-透過率曲線  $T_a$  に基づいて白電圧  $V_w$  が決定される。したがって、より少ない労力で、所望の視野角  $\alpha$  内で階調反転せず、しかも、当該視野角  $\alpha$  内で最も表示品位が悪い方向でも、正面方向の階調と類似した階調になるように、液晶表示装置1のパラメータを設定できる。

【0054】ここで、図6および図7と同様に、良好な視角特性が得られた後もリターデーション  $R_{lc}$ 、 $R_{th}$  を変化させて、良好な視角特性が得られる範囲を算出すると、図14および図15のようになる。図14において、各線は、第6階調の印加電圧  $V_6$  を加えた場合の\*

$$R_{th} \leq 250 \text{ nm}$$

$$R_{lc} \geq 30 \text{ nm}$$

を満足する必要があることがわかる。

【0055】したがって、上記の式(9)および式(10)を満足するように、液晶セル3および位相差フィルム7a・7bのリターデーション  $R_{lc}$ 、 $R_{th}$  を設定すれば、所望の視野角  $\alpha$  の範囲内で、階調反転せず、しかも、正面方向の階調特性と類似の特性を示す液晶表示装置1を実現できる。

【0056】〔第4の実施形態〕本実施形態では、上記第1ないし第3の実施形態での判定基準全てで表示品位を判定する場合について説明する。すなわち、図16に示すように、本実施形態では、図4の  $S3$  に代わる  $S41$  において、方向Aでのコントラストと、正面方向の明るさと、各階調における方向Aの透過率および正面方向の透過率の関係とが、良好な表示品位の条件として設定される。

【0057】また、図12の  $S32$  と同様の  $S42$  にて、各階調の印加電圧が決定された後、 $S6$  に代わる  $S43$  では、方向Aでのコントラストと、正面方向の明るさと、各階調における方向Aの透過率および正面方向の透過率の関係とが導出され、液晶表示装置1の表示品位が判定される。なお、この場合でも、第1の実施形態と同様に、方向Aの電圧-透過率曲線  $T_a$  に基づいて白電圧  $V_w$  が決定される。したがって、より少ない労力で、所望の視野角  $\alpha$  内で階調反転せず、しかも、第1ないし第3の液晶表示装置の効果を兼ね備えるように、液晶表示装置1のパラメータを設定できる。

【0058】ここで、図7と同様に、良好な視角特性が得られた後もリターデーション  $R_{lc}$ 、 $R_{th}$  を変化させて、良好な視角特性が得られる範囲を算出すると、図17に示すように、図7に示す範囲と、図11に示す範囲と、図15に示す範囲とが重なり合った範囲が得られる。したがって、上述の式(3)～式(10)全てを満足するように、液晶セル3および位相差フィルム7a・7bのリターデーション  $R_{lc}$ 、 $R_{th}$  を設定すれば、正面方向の透過率を損ねることなく、所望の視野角  $\alpha$  の範

\*方向Aにおける透過率  $T_a$  が所定の値になるリターデーション  $R_{lc}$  および  $R_{th}$  の範囲を示す等高線であり、方向Aにおける白電圧印加時の透過率  $T_{aw}$  を100%としたとき、57.5%から95%まで、0.75%刻みの等高線である。上記のうち、実用的な使用に何ら問題がない値として、第6階調の場合で95%から80%の範囲を選択すると、図15の範囲となる。同図を詳細に検討すると、視角60度までの範囲で階調反転せず、しかも、方向Aでの階調特性を正面方向の特性と概ね相似形にするためには、液晶セル3のリターデーション  $R_{lc}$  と、位相差フィルム7a・7bのリターデーションの合計  $R_{th}$  は、以下に示すように、

$$\dots (9)$$

$$\dots (10)$$

囲内で階調反転せず、最低のコントラストが所定の値以上で、しかも、正面方向と任意方向の階調特性とが類似した液晶表示装置1を実現できる。

【0059】ところで、第1ないし第4の実施形態では、位相差フィルム7a・7bのリターデーションの合計  $R_{th}$  を初期値から変化させると共に、表示品位が悪化した時点で、液晶セル3のリターデーション  $R_{lc}$  を変化させて、上記リターデーション  $R_{th}$  の変更を繰り返しているが、評価地点(リターデーション  $R_{lc}$  および  $R_{th}$  の組み合わせ)の選択方法は、これに限るものではない。例えば、図18に示すように、評価結果に基づいて、両リターデーション  $R_{lc}$ 、 $R_{th}$  の双方を変更しながら、最適値を検索してもよい。

【0060】具体的には、リターデーション  $R_{lc}$  およびリターデーション  $R_{th}$  を軸とする2次元マップ上で、最初は、任意に3点( $R_{lc}$ 、 $R_{th}$ )を選び、各点における液晶表示装置1の表示品位を評価する。例えば、第1の実施形態の例では、各点毎に、図4に示す  $S5$  および  $S6$  の処理を行って、方向Aのコントラストを評価する。

【0061】ここで、各点のうち、評価の低い順から点  $C1$ 、 $C2$  および  $C3$  としたとき、点  $C2$  および点  $C3$  の中点を算出し、点  $C4$  とする。さらに、上記点  $C1$  と点  $C4$  とを基準に、1:2の外分点、中点、2:1の外分点および3:2の外分点を、それぞれ  $D1 \sim D4$  とし算出する。また、各点  $D1 \sim D4$  について、液晶表示装置1の表示品位を評価する。

【0062】さらに、点  $D1 \sim D4$  のうち、最も評価の高い点  $E$  を点  $C1$  と置き換え、点  $E$ 、点  $C2$  および点  $C3$  の評価を比較し、評価の低い順に、新たな点  $C1$ 、 $C2$  および  $C3$  とし、点  $D1 \sim D4$  の算出および表示品位の評価を繰り返す。なお、評価は、方向Aのコントラストなどに限るものではなく、方向Aのコントラスト、正面方向の輝度および階調特性などから所定の評価関数で算出される総合評価値に基づいて、総合的に判定

してもよい。

【0063】上記方法でも、白電圧 $V_w$ が方向Aの電圧一透過率曲線Taに基づいて決定されているので、より少ない計算量で、所望の条件を満たすリターデーションRlcおよびRthを算出できる。さらに、当該方法では、図4、図8、図12および図16とは異なり、所望の条件を満たす範囲が算出できないものの、両リターデーションRlcおよびRthの双方を評価結果に応じて調整しているので、上記各図よりも、さらに少ない計算量で、最適な表示品位を持つ液晶表示装置1を製造するためのリターデーションRlcおよびRthを算出できる。

【0064】〔第5の実施形態〕ところで、上記第1ないし第4の実施形態では、例えば、電圧一透過率曲線など、液晶表示装置1の諸特性を導出する際、シミュレーションで算出する場合を例にして説明した。これに対して、本実施形態では、実験によって、諸特性を導出する場合について説明する。

【0065】すなわち、図19に示す演算装置101aでは、図3に示すシミュレーション処理部102およびパラメータ記憶部103に代えて、例えば、演算装置1\*

$$Rth = dth \cdot \{ (n1 + n2) / 2 - n3 \} \quad \dots (11)$$

として算出される。

【0067】この液晶表示装置でも、第1ないし第5の実施形態と同様の方法によって、最適なリターデーションRlcおよびRthの範囲を求めると、それぞれの範囲と同一であることが確認された。

【0068】また、位相差フィルム7a・7bは、2軸屈折率楕円体で表現される位相差フィルムであってもよい。なお、当該フィルムのリターデーションRthも上記式(11)によって算出される。この液晶表示装置でも、第1ないし第5の実施形態と同様の方法で、最適なリターデーションRlcおよびRthの範囲を導出でき、それぞれの範囲と同一であることを確認できた。

【0069】さらに、上記各実施形態では、位相差フィルム7a・7bが液晶セル3の両側に配されている場合を例にして説明したが、片側だけに配してもよい。また、複数種類の位相差フィルムを重ねて、位相差フィルム7a(7b)を実現しても良い。いずれの場合であっても、同様の方法で、リターデーションRlcおよびRthの最適な範囲を導出でき、両偏光素子5a・5b間に配される位相差フィルムのリターデーションの合計Rthと液晶セル3のリターデーションRlcとの最適な範囲は、第1ないし第5の実施形態が示す範囲と同一であることが確認された。

【0070】なお、上記各実施形態では、図2に示す突起34によって、液晶セル3を4分割の垂直配向モードに設定する場合を例にして説明したが、これに限るものではない。例えば、図20に示すように、画素電極33に、面内の形状がL字状で法線方向の形状が山形の突起

\*01aの使用者や測定装置などから、測定結果が入力される測定値入力部108が設けられており、印加電圧決定部106および評価部107は、シミュレーション処理部102からの値と同様の値を測定値入力部108から受け取っている。これにより、第1ないし第4の実施形態と同様の方法で各リターデーションRlcおよびRthを決定でき、同様の結果を導出できる。また、当該構成でも、白電圧 $V_w$ が方向Aの電圧一透過率曲線Taに基づいて決定されるので、より少ない測定回数で、所望の条件を満たすリターデーションRlcおよびRthを算出できる。

【0066】ところで、第1ないし第5の実施形態では、位相差フィルム7a・7bとして、負フィルムを用いた場合を例にして説明したが、これに限らず、正フィルムを用いた場合でも、同様の方法で、最適なリターデーションRlcおよびRthの組み合わせを導出できる。正フィルムは、面内の屈折率 $n1$ 、 $n2$ 、法線方向の屈折率 $n3$ とした場合に、 $n1 > n2 = n3$ となるフィルムであって、そのリターデーションRthは、dthを両位相差フィルムの厚みの合計とすると、

35を設けると共に、CF基板の対向電極にも、同様の形状の突起36を設けてもよい。なお、基板31a・31bの面内方向における両突起35・36の間隔は、突起35の斜面の法線と突起36の斜面の法線とが一致するように配されている。また、上記各突起35・36は、突起34などと同様に、上記画素電極33および対向電極上に光感応性樹脂を塗布し、フォトリソグラフィ工程で加工することで形成できる。

【0071】上記構造では、突起35のうち、L字の角部の一方部分では、当該部分近傍の領域37・38の液晶分子が山形の両斜面に沿って配向し、基板31a・31bの面内方向において、図1に示す偏光素子5a・5bの吸収軸51a・51bを基準にすると、45度の方向と225度の方向とに配向する。一方、突起35のうち、L字の角部の他方の部分では、当該部分近傍の領域39・40の液晶分子が山形の両斜面に沿って配向し、面内方向において、吸収軸51a・51bを基準にすると、135度と315度の方向に配向する。これにより、図2の場合と同様に、各画素において、液晶分子を4方向に配向分割できる。

【0072】また、配向分割の数も4に限るものではなく、複数に配向分割した垂直配向モードにも適用できる。さらに、図21に示すように、画素電極33に半球状の突起34aを設け、軸対称配向した垂直配向モードの場合に適用してもよい。突起34aは、画素電極(33)をマトリクス状に配列したTFT基板(31aまたは31b)上に、光感応性樹脂を塗布し、フォトリソグラフィ工程で加工することで、各画素毎に1つずつ突

起 34a を形成できる。いずれの場合であっても、同一の方法でリターデーション  $R_{lc}$  および  $R_{th}$  の最適な範囲を算出でき、同様の範囲が最適であることを確認できた。

【0073】また、例えば、40 インチのような大型の液晶テレビを形成する場合、各画素のサイズは、1mm 四方程度と大きくなり、画素電極に 1 つずつ突起 (34・34a) を設けただけでは、配向規制力が弱まり、配向が不安定になる虞れがある。したがって、配向規制力が不足する場合には、各画素電極 33 上に複数の突起を設ける方が望ましい。

【0074】

【発明の効果】本発明に係る液晶表示装置は、以上のよう  
に、位相差フィルムの厚さ方向のリターデーションの  
合計  $R_{th}$  と、液晶層のリターデーション  $R_{lc}$  とが、  
 $R_{th} \leq R_{lc} + 150 \text{ nm}$ 、 $R_{th} \geq 1.25 \cdot R_{lc} - 262.5 \text{ nm}$ 、 $R_{lc} \geq 75 \text{ nm}$ 、および、 $R_{th} \geq 30 \text{ nm}$  を満たしている構成である。

【0075】上記構成では、液晶層および位相差フィルムのリターデーション組み合わせについて上限および下限が設定されており、当該範囲に設定すれば、基板の法線方向から 60 度傾いた方向までの視角範囲全般において、階調反転することなく、コントラスト 5 以上を維持できる。この結果、斜め視角の表示品位の良好な液晶表示装置を確実に実現できるという効果を奏する。

【0076】本発明に係る液晶表示装置は、以上のよう  
に、上記構成に加えて、さらに、上記位相差フィルムの  
厚さ方向のリターデーションの合計  $R_{th}$  と、上記液晶  
層のリターデーション  $R_{lc}$  とが、 $R_{th} \leq 1.5 \cdot R_{lc} + 80 \text{ nm}$ 、かつ、 $R_{lc} \geq 155 \text{ nm}$  を満たしている構成である。

【0077】当該構成によれば、液晶表示装置の正面方向の透過率を空気の透過率の 0.2 倍以上に保つことができる。この結果、正面方向の輝度、コントラストを損なうことなく、斜め視角の表示品位が良好な液晶表示装置を確実に実現できるという効果を奏する。

【0078】本発明に係る液晶表示装置は、以上のよう  
に、位相差フィルムの厚さ方向のリターデーションの合計  $R_{th}$  と、液晶層のリターデーション  $R_{lc}$  とが、 $R_{th} \leq 1.5 \cdot R_{lc} + 80 \text{ nm}$ 、かつ、 $R_{lc} \geq 155 \text{ nm}$  を満たしている構成である。

【0079】上記構成でも、液晶層および位相差フィルムのリターデーション組み合わせについて上限および下限が設定されており、当該範囲に設定すれば、基板の法線方向から 60 度傾いた方向までの視角範囲全般において、階調反転することなく、しかも、正面方向の透過率を空気の透過率の 0.2 倍以上に保つことができる。この結果、正面方向の輝度、コントラストを損なうことなく、斜め視角の表示品位が良好な液晶表示装置を確実に

実現できるという効果を奏する。

【0080】本発明に係る液晶表示装置は、以上のよう  
に、上記構成において、上記位相差フィルムの厚さ方向  
のリターデーションの合計  $R_{th}$  が、 $R_{th} \leq 250 \text{ nm}$ 、かつ、 $R_{lc} \geq 30 \text{ nm}$  を満たしている構成である。

【0081】当該構成によれば、基板の法線方向から 60 度傾いた方向までの視角範囲全般において、正面方向における電圧-透過率特性と概ね相似した電圧-透過率特性を保つことができる。この結果、液晶表示装置に表示される画像は、上記視角範囲のいずれの方向から見ても、各階調間の明るさの比率が概ね同様の値になり、斜め視角の階調特性が良好な液晶表示装置を実現できるという効果を奏する。

【0082】本発明に係る液晶表示装置は、上記各構成に加えて、上記液晶層には、画素毎に液晶分子の応答方向が異なる複数の領域が設けられている構成である。また、本発明に係る液晶表示装置は、上記各構成に加えて、上記液晶層では、画素毎に液晶分子の応答方向が概ね軸対称に設定されている構成である。さらに、本発明に係る液晶表示装置は、上記構成において、上記軸対称配向の軸が各画素毎に複数設けられている構成である。これらの構成によれば、画素の配向分割によって、互いの領域が光学補償しあうので、より斜め視角の表示品位が良好な液晶表示装置を実現できるという効果を奏する。

【0083】本発明に係る液晶表示装置のリターデーション選択方法は、以上のよう  
に、液晶層のリターデーションと位相差フィルムのリターデーションとの組み合わせを導出する際、所望の視野角のうち、基板の法線方向から最も傾き、かつ、基板の面内方位が偏光素子の吸収軸と 45 度の角度をなす第 1 の方向における液晶表示装置の電圧-透過率特性を導出し、極大点を白電圧として決定する印加電圧決定工程と、決定された白電圧に基づいて、表示品位が所望の表示品位を満足するか否かを判定する判定工程とを含んでいる構成である。

【0084】上記構成では、所望の視野角と、偏光素子の吸収軸の方向とに基づいて、表示品位が最も悪い第 1 の方向を決定し、当該第 1 の方向の電圧-透過率曲線の極大値を白電圧として決定する。この結果、視野角内で階調反転せず、しかも、最も表示品位の高いリターデーションの組み合わせを、比較的少ない手間で導出できるという効果を奏する。

【0085】本発明に係るリターデーション選択方法は、以上のよう  
に、上記構成において、上記判定工程は、上記第 1 の方向におけるコントラストと視野角内で維持すべき最低コントラストとを比較して判定する構成である。

【0086】当該構成によれば、上記視野角内で最も表示品位の悪い第 1 の方向のコントラストが所望の条件を

満たす組み合わせを導出できる。したがって、上記視野角内全域で、少なくとも上記最低コントラストを確保可能なリターデーション組み合わせを比較的少ない手間で導出できるという効果を奏する。

【0087】本発明に係るリターデーション選択方法は、以上のように、上記各構成において、上記条件設定工程で設定される表示品位として、上記基板の正面方向における白電圧印加時の透過率を設定する構成である。当該構成によれば、正面方向の輝度およびコントラストが良好な液晶表示装置を実現するためのリターデーション組み合わせを導出できるという効果を奏する。

【0088】本発明に係るリターデーション選択方法は、以上のように、上記各構成において、さらに、上記白電圧と、上記基板の正面方向における電圧-透過率特性とに基づいて、中間階調の印加電圧を決定する中間階調電圧決定工程を含み、上記条件設定工程で設定される表示品位として、上記正面方向における各階調電圧-透過率特性と、上記第1方向における各階調電圧-透過率特性との相似の程度を設定する構成である。

【0089】上記構成では、上記印加電圧決定工程で決められた白電圧に基づいて、中間階調電圧を決定した後、第1の方向と正面方向との階調電圧-透過率特性について、相似の程度を判定する。この結果、液晶表示装置に表示される画像を上記視野角内のいずれの方向から見た場合であっても、各階調間の明るさの比率が類似するような、リターデーション組み合わせを、比較的少ない手間で導出できるという効果を奏する。

【0090】本発明に係る液晶表示装置のリターデーション選択装置は、以上のように、液晶層のリターデーションと位相差フィルムのリターデーションとの組み合わせを導出する際、所望の視野角のうち、基板の法線方向から最も傾き、かつ、基板の面内方位が偏光素子の吸収軸と45度の角度をなす第1の方向における液晶表示装置の電圧-透過率特性を導出し、極大点を白電圧として決定する印加電圧決定手段と、決定された白電圧に基づいて、表示品位が所望の表示品位を満足するか否かを判定する判定手段とを備えている構成である。

【0091】当該構成のリターデーション選択装置は、上述のリターデーション選択方法で液晶層のリターデーションと位相差フィルムのリターデーションとの組み合わせを導出するので、視野角内で階調反転せず、しかも、最も表示品位の高いリターデーションの組み合わせを、比較的少ない手間で導出できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示すものであり、液晶表示装置の要部構成を示す構成図である。

【図2】上記液晶表示装置において、画素電極の構造を示す斜視図である。

【図3】上記構成の液晶表示装置において、液晶層のリ

ターデーションと位相差フィルムのリターデーションとの最適な組み合わせを導出する演算装置の要部構成を示すブロック図である。

【図4】上記リターデーション組み合わせの導出方法を示すフローチャートである。

【図5】上記方法で参照される値を説明するものであり、液晶表示装置の電圧-透過率曲線を示すグラフである。

【図6】上記方法で導出されたリターデーション組み合わせの範囲を示すグラフである。

【図7】上記方法で導出されたリターデーション組み合わせの範囲のうち、好適な範囲を示すグラフである。

【図8】本発明の他の実施形態を示すものであり、上記リターデーション組み合わせの導出方法を示すフローチャートである。

【図9】上記方法で参照される値を説明するものであり、液晶表示装置の電圧-透過率曲線を示すグラフである。

【図10】上記方法で導出されたリターデーション組み合わせの範囲を示すグラフである。

【図11】上記方法で導出されたリターデーション組み合わせの範囲のうち、好適な範囲を示すグラフである。

【図12】本発明のさらに他の実施形態を示すものであり、上記リターデーション組み合わせの導出方法を示すフローチャートである。

【図13】上記方法で参照される値を説明するものであり、液晶表示装置の電圧-透過率曲線を示すグラフである。

【図14】上記方法で導出されたリターデーション組み合わせの範囲を示すグラフである。

【図15】上記方法で導出されたリターデーション組み合わせの範囲のうち、好適な範囲を示すグラフである。

【図16】本発明のまた別の実施形態を示すものであり、上記リターデーション組み合わせの導出方法を示すフローチャートである。

【図17】上記方法で導出されたリターデーション組み合わせの範囲を示すグラフである。

【図18】上記各実施形態の変形例を示すものであり、評価対象となるリターデーション組み合わせの選択方法を説明する説明図である。

【図19】本発明の他の実施形態を示すものであり、上記演算装置の他の構成例を示すブロック図である。

【図20】上記各実施形態の変形例を示すものであり、画素電極の構造を示す平面図である。

【図21】上記各実施形態の他の変形例を示すものであり、画素電極の構造を示す斜視図である。

【符号の説明】

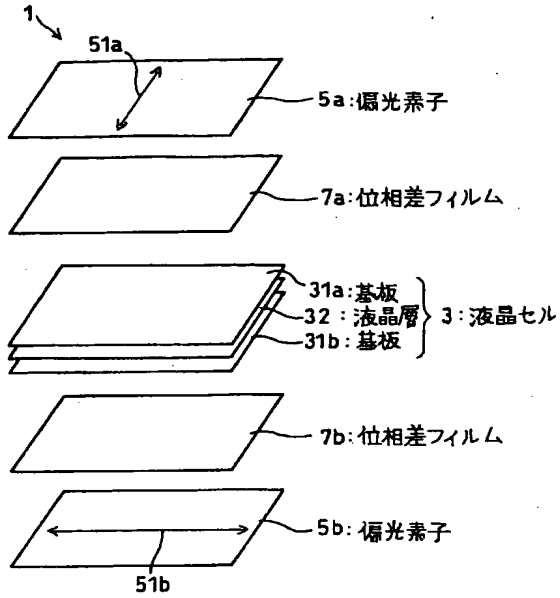
1	液晶表示装置
5 a・5 b	偏光素子
7 a・7 b	位相差フィルム

23	
31a・31b	基板
32	液晶層
51a・51b	吸収軸
101・101a	演算装置（リターデーション選択装置）
	104
	106
	段)
	107

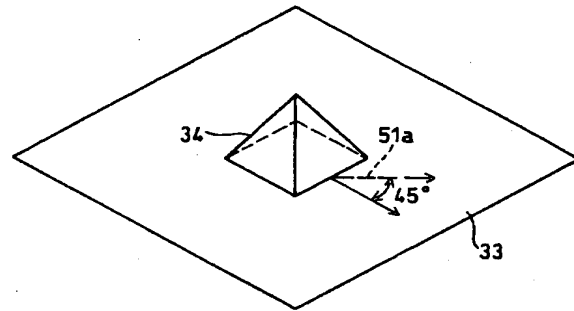
24

条件設定部（条件設定手段）  
 印加電圧決定部（印加電圧決定手段）  
 評価部（判定手段）

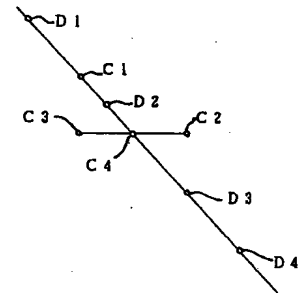
【図 1】



【図 2】

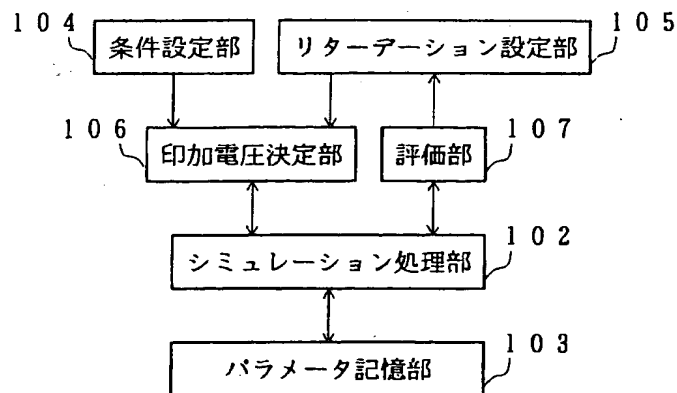


【図 18】

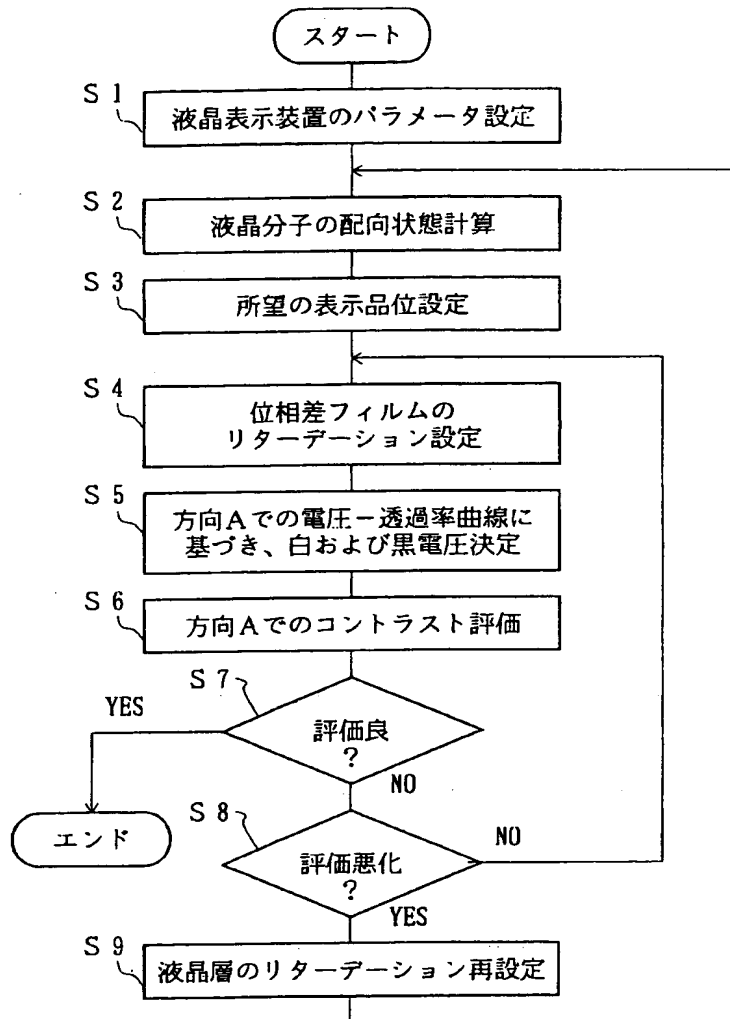


【図 3】

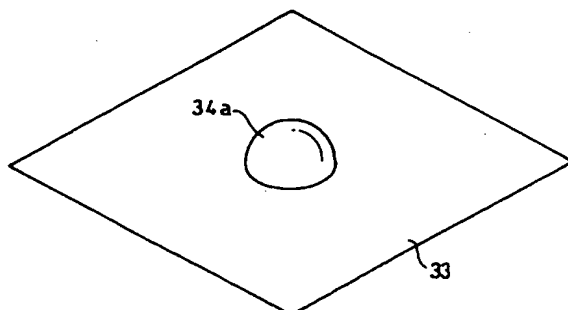
101



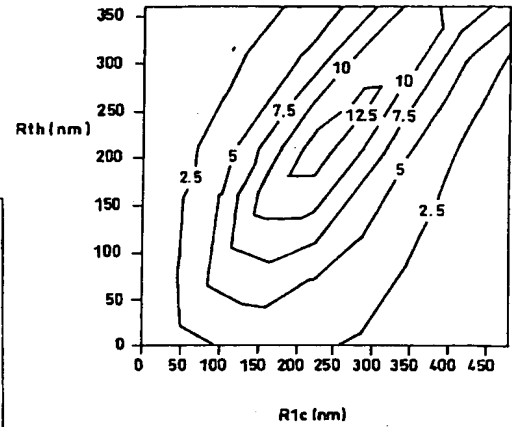
【図 4】



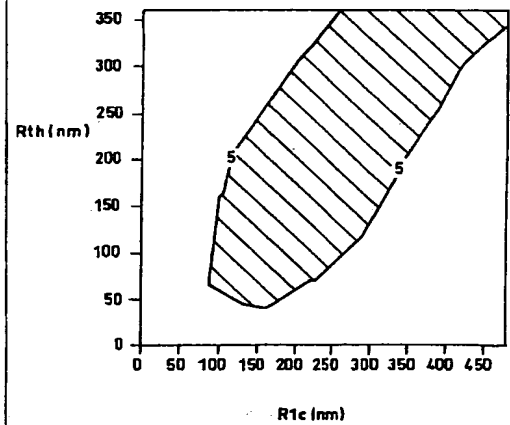
【図 21】



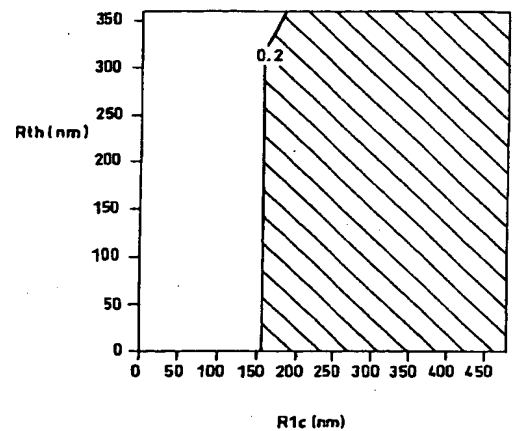
【図 6】



【図 7】

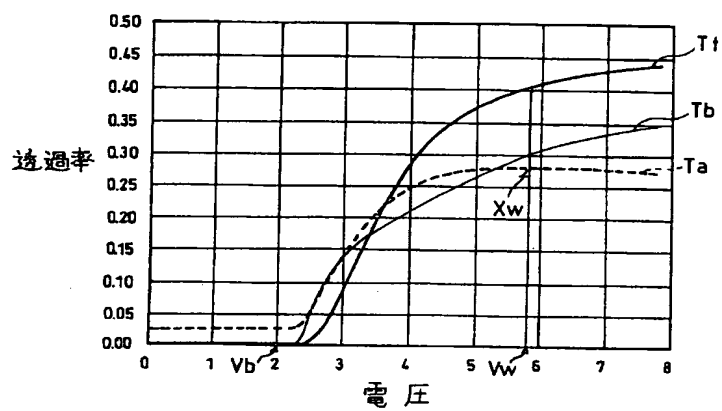


【図 11】

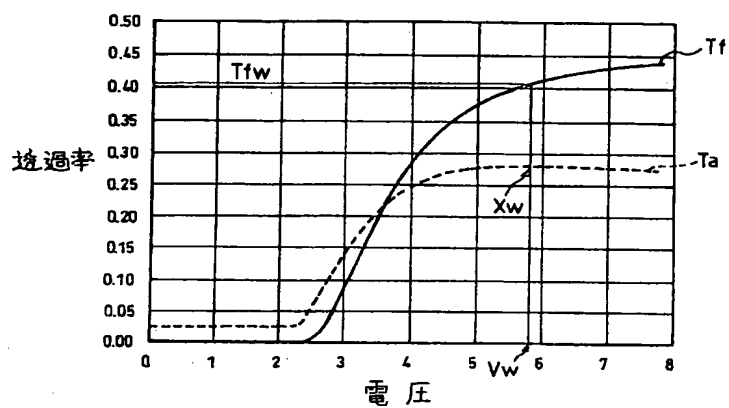




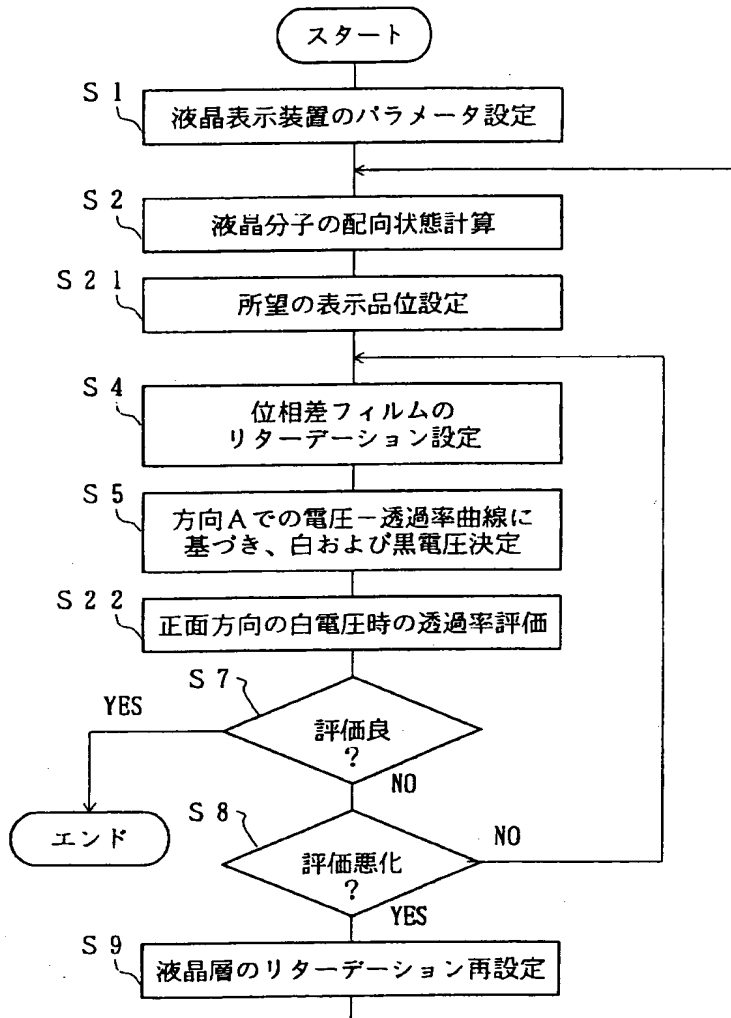
【図 5】



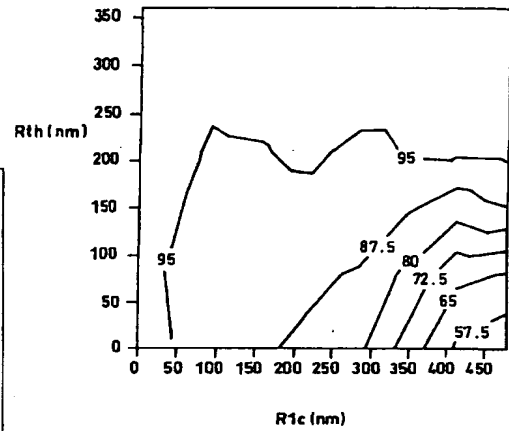
【図 9】



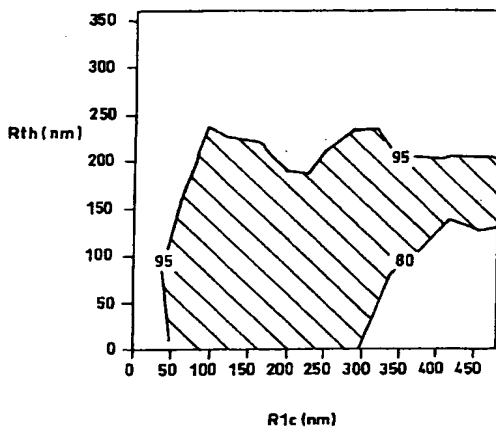
【図 8】



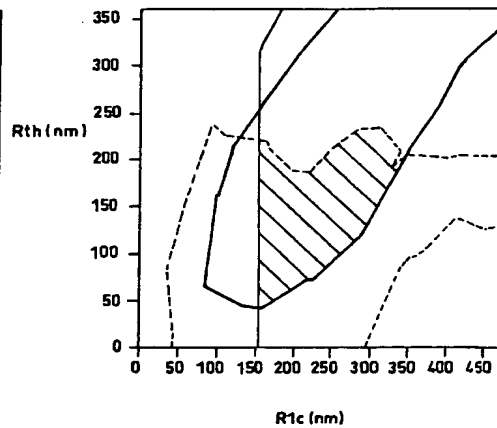
【図 14】



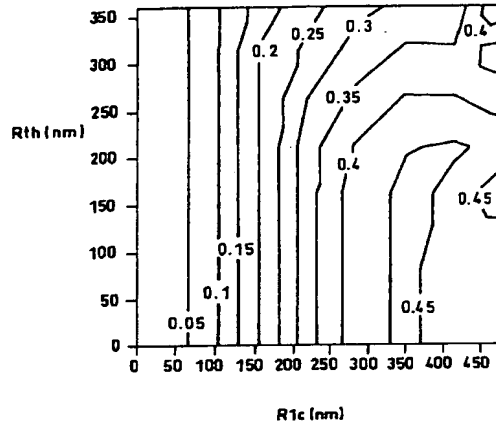
【図 15】



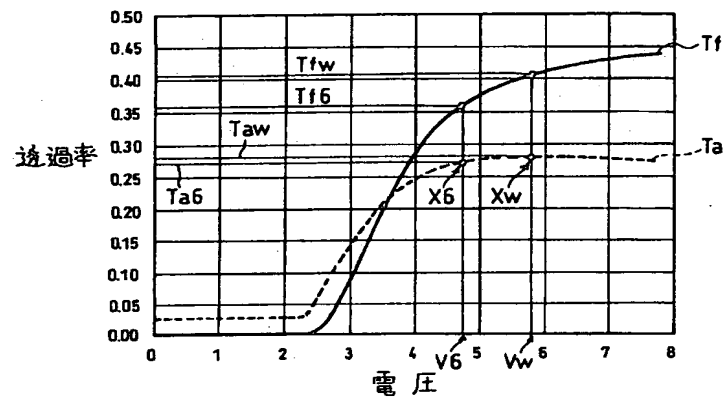
【図 17】



【図 10】

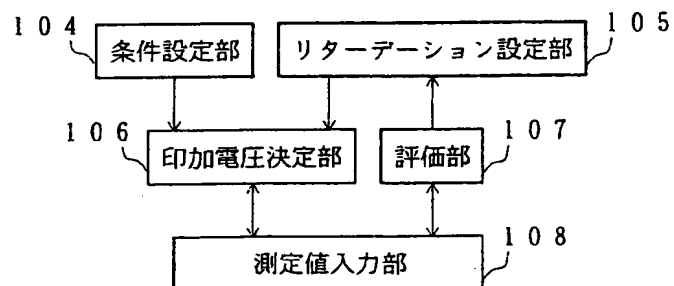


【図 13】

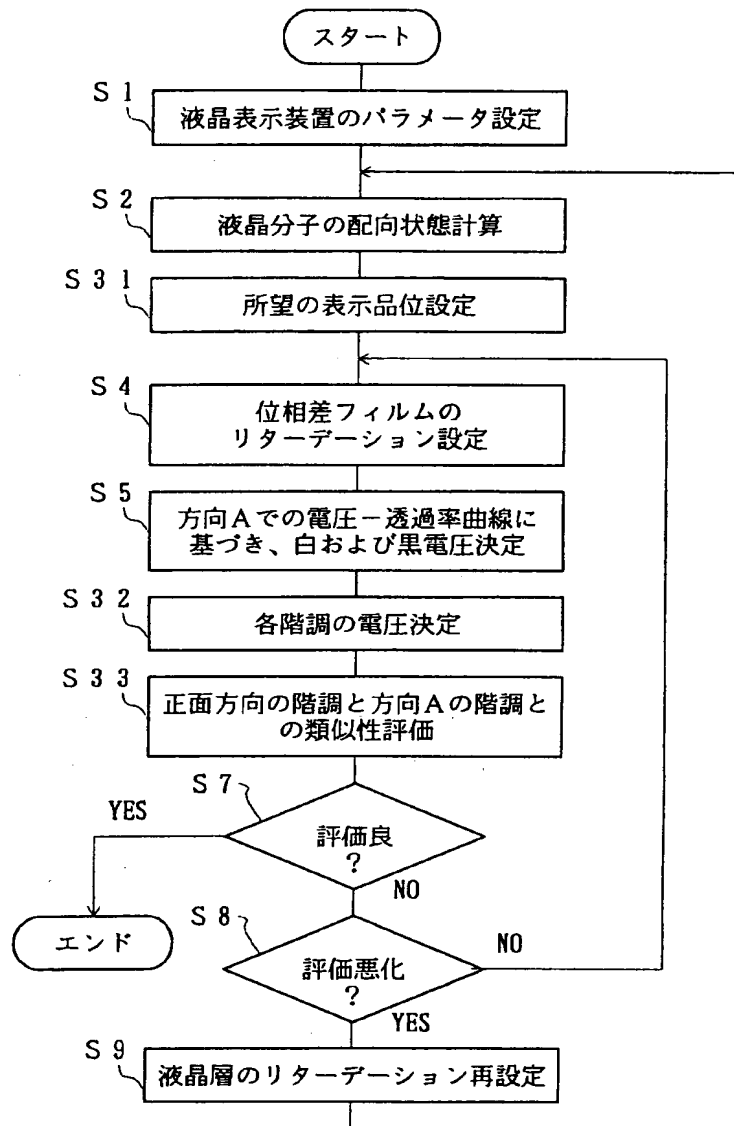


【図 19】

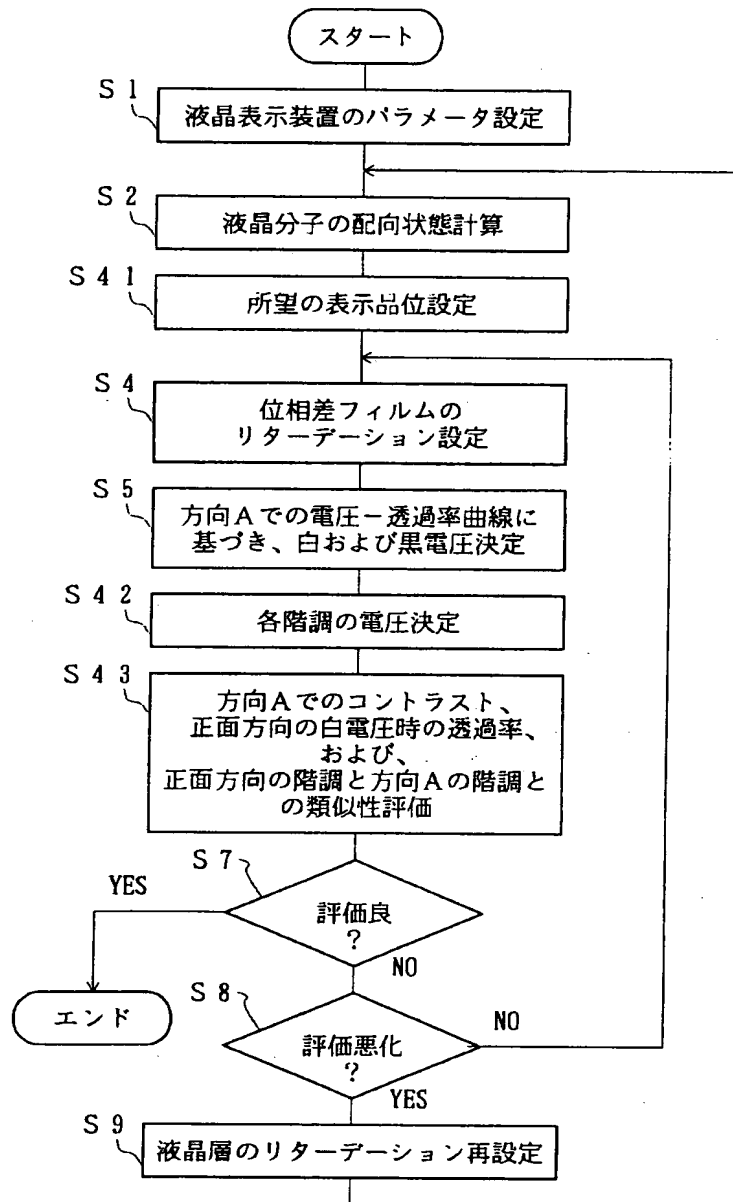
101a



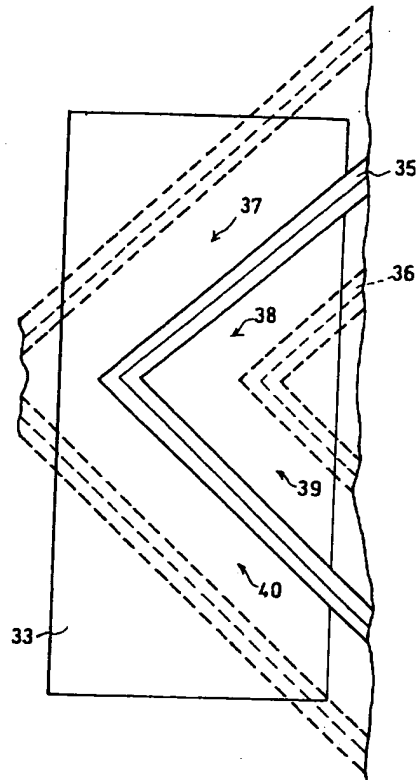
【図12】



【図16】



【図 20】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-311948

(43)Date of publication of application : 09.11.2001

(51)Int.Cl.

G02F 1/13363

G02F 1/1337

(21)Application number : 2000-128444

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 27.04.2000

(72)Inventor : MIYAJI KOICHI

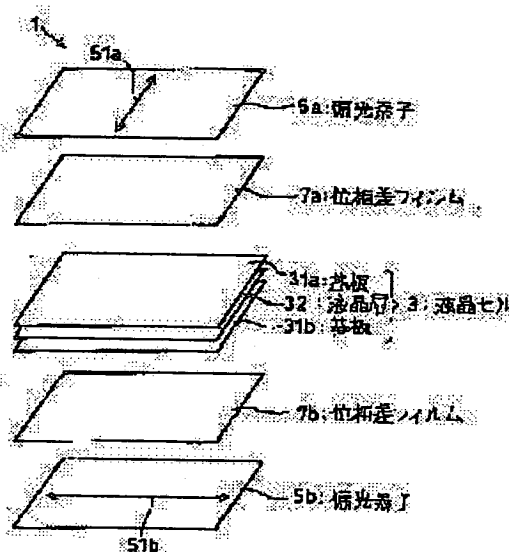
YAMAHARA MOTOHIRO

## (54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE AND METHOD AND DEVICE FOR SELECTING RETARDATION

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a liquid crystal display device of a perpendicular alignment mode in which the retardation between an optical retardation film and a liquid crystal layer is controlled to the optimum value, and to provide a method and an operational device to derive the optimal retardation range by a small number pf process.

SOLUTION: When the retardation of the liquid crystal cell 3 and the retardation of the optical retardation films 7a, 7b are to be determined into a proper combination in the liquid crystal display device 1, one combination is first selected, and the voltage-transmittance curve Ta in the direction (A) which is the largest angle in the desired viewing angle range and makes 45° angle with the absorption axes 51a, 51b of the polarizing elements 5a, 5b in the plane direction is derived. Further, a peak voltage in the curve Ta is defined as a white voltage Vw. Then the display quality such as contrast in the direction (A) is evaluated based on the white voltage Vw to derive the optimum combination.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.07.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office